



EESTI MAAÜLIKOOL
Metsandus- ja maaehitusinstituut

Helar Kuuler

**TORMA ALEVI KOHALIKU GEODEETILISE
PÕHIVÕRGU REKONSTRUEERIMINE**

RECONSTRUCTION OF THE LOCAL GEODETIC
REFERENCE NETWORK OF TORMA COUNTRY TOWN

Bakalaureusetöö
Geodeesia ja maakorralduse õppekava

Juhendaja: Tarmo Kall, PhD

Tartu 2018

Eesti Maaülikool Kreutzwaldi 1, Tartu 51006		Bakalaureusetöö lühikokkuvõte	
Autor: Helar Kuuler		Õppekava: Geodeesia ja maakorraldus	
Pealkiri: Torma alevi kohaliku geodeetilise põhivõrgu rekonstrueerimine			
Lehekülgi: 73	Jooniseid: 4	Tabeleid: 6	Lisasid: 16
Õppetool: Geomaatika			
ETIS-e teadusvaldkond: 4. Loodusteadused ja tehnika (geodeesia)			
CERCS-i kood: P515			
Juhendaja: Tarmo Kall			
Kaitsmiskoht ja -aasta: Tartu, 2018			
<p>Eestis on alates taasiseseisvumisest alates rekonstrueeritud asulate geodeetilisi põhivõrkusid, eesmärgiga minna erinevatelt kohalikelt koordinaatide süsteemidelt üle ühtsele riiklikule koordinaatide süsteemile, tagada geodeetiliste märkide piisav tihedus ja hea füüsiline seisukord. Enam on rekonstrueeritud suuremate asulate geodeetilisi võrke, kuid väiksemad asulad on uuendamisel jäänud tahaplaanile.</p> <p>Käesoleva lõputöö eesmärk on välja selgitada Torma asula näitel veel rekonstrueerimata kohaliku geodeetilise põhivõrgu 3. järgu punktide olukord, hinnata võrgu taastamise vajadust ning koostada geodeetilise põhivõrgu rekonstrueerimise tehniline projekt.</p> <p>Kohaliku geodeetilisest põhivõrgust ülevaate saamiseks teostas autor maastikul geodeetiliste märkide visuaalse kontrolli Maa-ameti kohaliku plaanilise geodeetilise põhivõrgu rekonstrueerimise ja rajamise juhendi põhjal.</p> <p>Märkide visuaalse ülevaatus käigus vaadati üle 64 märki, millest selgus, et kasutuskõlblike märke on 23%, rikutud 8%, hävinenud 56% ning leidmata jäi 13% märkidest. Uue kohaliku geodeetilise põhivõrgu rajamise tehniline projekt loodi samuti eelmainitud Maa-ameti juhendi põhjal. Võrgu rekonstrueerimiseks on kasutatud 13 olemasolevat punkti ning seejärel tuleks rajada 26 uut geodeetilist punkti. Kergemaid remonttöid vajavad mõningad märgid, ennekõike tunnuspostide ja katteluukide paigaldust. Kokkuvõttes võib Torma valla kohaliku geodeetilise võrgu seisundit hinnata kesiseks,</p>			

kuna arvestades seda, et 64-st punktist on võimalik kasutada vaid 20 punkti ja sellest 5 vajaksid remonttöid.

Koostatud Torma alevi geodeetilise põhivõrgu rekonstrueerimise projekt näeb ette polügonomeetriakäikude mõõtmist 9,4 km ulatuses ja III kl nivelleerimist 2,9 km ulatuses.

Projekti on võimalik kasutada Maa-ametil või kohalikul omavalitsusel, et teostada märkide remonttöid ja võrgu rekonstrueerimist.

Märksõnad: Kohalik geodeetiline võrk, geodeetiline süsteem, rekonstrueerimine.

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51006		Abstract of Bachelor's Thesis	
Author: Helar Kuuler		Curriculum: Land Surveying and Land Management	
Title: Reconstruction of the local geodetic reference network of Torma country town			
Pages: 73	Figures: 4	Tables: 6	Appendixes: 16
Chair:	Geomatics		
Field of research and (CERCS) code:	4. Natural Sciences and Engineering (geodesy) P515		
Supervisor:	Tarmo Kall		
Place and date:	Tartu, 2018		
<p>Following the restoration of Estonian independence, the local geodetic reference networks of the towns and villages have been reconstructed, with the aim of switching from number of different local coordinate systems to a single national coordinate system, ensuring adequate density of survey markers, and their appropriate condition. The geodetic networks of larger towns have been successfully reconstructed, whereas small country towns have been left as they were.</p> <p>The aim of this thesis is to identify the condition of the geodetic points of third order local geodetic reference network by the example of village Torma – which has not been reconstructed yet – to assess the need for network reconstruction as well as to prepare a technical project for the reconstruction of the network.</p> <p>In order to get an overview of the abovementioned geodetic network, the author carried out a visual inspection of the survey markers on the site, based on the regulations established by the Estonian Land Board.</p> <p>Over the course of the visual inspection, over 64 markers were reviewed, revealing that 23% of the markers were usable, 8% were damaged, 56% were destroyed, and 13% could not be found. A technical project for the establishment of a new local geodetic network was also developed on the basis of the above-mentioned regulations. 13 existing markers have been used to reconstruct the network, and 26 new survey markers have to be established. Some markers require lightweight repairs, in particular, installation of</p>			

checkpoints and shutters. In conclusion, the condition of the local geodetic network in Torma can be assessed as poor, given that only 20 markers out of 64 can be used, with 5 of them in need of repairs.

The technical project for the reconstruction of the local geodetic reference network of Torma provides carrying out 9.4 km of polygonometric measurements and 2.9 km of 3rd order geometric levellings.

The project can be used by the Estonian Land Board or local government to carry out repair works of survey markers as well as network reconstruction.

Keywords: Local geodetic reference network, geodetic system, reconstruction.

SISUKORD

SISSEJUHATUS	8
1. TEOREETILISED ALUSED	10
1.1 Geodeetiline süsteem Eestis.....	10
1.2 Geodeetilised võrgud Eestis.....	12
1.3 Kohalike võrkude ajalugu ja areng Eestis.....	14
1.3.1 Kohalike geodeetiliste põhivõrkude rekonstrueerimine taasiseseisvunud Eestis	15
1.4 Kohalikes geodeetilistes võrkudes kasutatud koordinaatsüsteemid	15
2. KOHALIKU GEODEETILISE PÕHIVÕRGU REKONSTRUEERIMISE METOODIKA	17
2.1 Kohaliku geodeetilise põhivõrgu ülevaatus	17
2.2 Kohaliku põhivõrgu ülesehitus ja täpsus	17
2.3 Geodeetilised märgid ja välisvormistus	19
2.4 Tehnilise projekti koostamine.....	20
3. TORMA ALEVIKU KOHALIKU GEODEETILISE PÕHIVÕRGU REKONSTRUEERIMISE PROJEKT.....	21
3.1 Torma aleviku üldisloomustus	21
3.2 Torma aleviku kohalik geodeetiline põhivõrk	22
3.3 Torma aleviku kohaliku geodeetilise põhivõrgu ülevaatus	22
3.4 Kohaliku põhivõrgu 1. järk	24
3.5 Kohaliku põhivõrgu 2. järk	25
3.6 Kohaliku põhivõrgu mõõtmiseks kasutatavad instrumendid	26
3.7 Transformeerimise parameetrid	28
3.8 Torma aleviku kohaliku geodeetilise võrgu nivelleerimine ja kasutatavad instrumendid	28
3.8.1 Instrumendi kontroll	30
3.8.2 Mõõtmiste metoodika	30
3.9 Asetatavate märgitüüpide kirjeldus.....	31
3.9.1 Märkide välisvormistus	31
3.10 Torma aleviku kohaliku geodeetilise võrgu tööde ajakava ja mahud.....	32
KOKKUVÕTE	33
KASUTATUD ALLIKAD	35

LISAD	37
Lisa 1. Kohaliku plaanilise geodeetilise põhivõrg rekonstrueerimise ja rajamise juhend	38
Lisa 2. Polügonomeetria märk 6	45
Lisa 3. Polügonomeetria märk 6A	47
Lisa 4. Ülevaatusetabelid.....	49
Lisa 5. Ülevaatused pildid	52
Lisa 6. Ülevaatused skeem.....	54
Lisa 7. Pildid reeperitest	56
Lisa 8. Torma aleviku administratiivpiir ja tööpiir.....	57
Lisa. 9 1. järgu projektskeem.....	59
Lisa 10. Kohaliku põhivõrgu projektskeem.....	61
Lisa 11. Punktide loetelu	63
Lisa 12. Geomeetrilise niveleerimise skeem	64
Lisa 13. Märkitüüp 5001	66
Lisa 14. Märkitüüp 5030.....	68
Lisa 15. Ajutine märk	70
Lisa 16. Tunnussilt.....	72

SISSEJUHATUS

Kohaliku geodeetilise põhivõrgu kvaliteet ja täpsus on geodeetiliste tööde nõuetekohase täpsusega läbiviimisel olulise tähtsusega. Kuna NSVL aegsed kohalikud geodeetilised võrgud ei vastanud enam tänapäeva nõuetele, tuli need rekonstrueerida. Enam on rekonstrueeritud suuremate asulate geodeetilisi võrke, kuid väiksemad kohad on uuendamisel ajale jalgu jäänud.

Käesoleva lõputöö eesmärgiks oli välja selgitada Torma asula põhjal veel rekonstrueerimata kohaliku geodeetilise põhivõrgu 3. järgu punktide olukord, hinnata võrgu rekonstrueerimise vajadust ning koostada geodeetilise põhivõrgu rekonstrueerimise projekt.

Uurimistöö eesmärgi saavutamiseks püstitas autor alljärgnevad uurimisülesanded:

- 1) Korraldada Torma alevi kohaliku geodeetilise põhivõrgu 64 punkti ülevaatus;
- 2) Planeerida uute 1. järgu ja 2. järgu punktide asukoht vastavalt ülevaatus tulemustele;
- 3) Planeerida vajalikud mõõtmised (GNSS, polügonomeetria ja nivelleerimine).

Uurimisülesannete täitmiseks on planeeritud järgmised tegevused. Torma aleviku geodeetiliste punktide info kogutakse ennekõike Maa-ameti geoportaalist. Seejärel teostatakse kohaliku geodeetilise võrgu punktide ülevaatus Maa-ameti väljatöötatud meetodika kohaselt: kogutakse andmeid punktide seisukorra kohta, sh fotografeeritakse punkte, täidetakse vastavalt ülevaatusel saadud andmetele punktide ülevaatus tabel, mille põhjal koostatakse aruanne punktide seisukorra hindamisest. Ülevaatus tulemuste põhjal töötatakse välja geodeetilise põhivõrgu rekonstrueerimise projekt.

Töö jaguneb kolmeks peatükiks. Esimeses peatükis antakse ülevaade teoreetilistest alustest, milles autor käsitleb järgnevaid mõisteid: *geodeetiline süsteem*, *geodeetilised punktid*, *geodeetiline võrk* (sh riiklik- ja kohalik geodeetiline võrk). Samuti vaadeldakse eraldi geodeetiliste süsteemide alaliike ja geodeetiliste võrkude järke ja nende nõudeid. Antakse ülevaade geodeetiliste võrkude ajaloost ja nende kujunemisest alates NSVL perioodist kuni tänaseni.

Teises peatükis kirjeldatakse kohaliku geodeetilise põhivõrgu rekonstrueerimise metoodikat, mis sisaldab endas punktide ülevaatus, geodeetiliste märkide välisvormistust ja tehnilise projekti koostamise aluseid.

Kolmandas peatükis koostatakse Torma aleviku kohaliku geodeetilise võrgu rekonstrueerimise projekt. Sealhulgas antakse ülevaade tulemustest ja projekti plaanidest.

1. TEOREETILISED ALUSED

1.1 Geodeetiline süsteem Eestis

Keskkonnaministri poolt välja antud määruse nr 64 "Geodeetiline süsteem" alusel defineeritakse *geodeetilist süsteemi*, kui midagi, mis tagab ühtses koordinaat-, kõrgus- ja gravimeetrilises süsteemis reaalmaailma nähtuste asukoha ja raskuskiirenduse määramise ning seeläbi nende järjepideva monitooringu. Sama määruse §3 lg 2 täpsustab mõistet geodeetiline süsteem, defineerides seda kui ruumiandmete infrastruktuuri alust, mis omakorda kindlustab andmekogude pidamist. (Geodeetiline süsteem 2011, § 3 lg 1-2)

Geodeetilised süsteemid on rahvusvaheliselt ja piirkonniti erinevad, seda tehniliste parameetrite kui ka meetodite osas. Eesti Vabariigis on kehtestatud nõuded keskkonnaministri määruse 64 § 3 lg 3 (Geodeetiline süsteem 2011, § 3 lg 3) ning selle põhjal *geodeetiline süsteem* koosneb alljärgnevatest osadest:

1. Geodeetilisest referentssüsteemist;
2. Tasapinnaliste ristkoordinaatide süsteemist;
3. Kõrgussüsteemist;
4. Gravimeetrilisest süsteemist;
5. Eelnimetatud süsteemidele vastavatest võrkudest.

Geodeetiliseks referentssüsteemiks on Euroopa Terrestriline Referentssüsteem 89 (edaspidi ETRS89). Rahvusvahelisi referentsellipsoidi GRS80 parameetreid kasutatakse geodeetiliste koordinaatide saamiseks ja arvutamiseks. (Eesti geodeetiline süsteem 2018) Rahvusvahelise referentsellipsoidi GRS80 kuju defineerivad parameetrid on järgnevad: (Randjärv 2002: 14)

1. Maa ekvaatori raadius ehk suur pooltelg $a=6\,378\,137$ meetrit;
2. Ellipsoidi lapikuse pöördväärtus $1/f=298,257\,222\,101$.

Riigi tasapinnaliste ristkoordinaatide süsteemi X-teljeks võetakse GRS80 ellipsoidi 24° meridiaani projektsioon Lamberti konformse koonilise projektsiooni tasandile ja Y-teljeks on ristuv suund koordinaatide algpunktis. Eesti tasapinnaliste ristkoordinaatide alguspunktiks on valitud Riia lahes asuv punkt, mida läbib ülalmainitud telgmeridiaan geodeetilise pikkusega on $L_0 = 24^\circ$ ning Eesti lõunapiirist veidi lõunapoole jääv paralleel geodeetilise laiusena $B_0 = 57^\circ 31' 03,19415''$. (Randjärv 2006: 58)

Eesti tasapinnaliste ristkoordinaatide süsteemiks on L-EST97, selle koordinaadid arvutatakse EUREF-EST97 geodeetilistest koordinaatidest ja kasutades Lamberti kahe lõikeparalleeliga koonilist konformset kaardiprojektsiooni LAMBERT-EST ja rahvusvahelist referentsellipsoidi GRS80. LAMBERT-EST lõunapoolseks lõikeparalleeliks on $B_S = 58^\circ 00'$ põhjalaiust ja põhjapoolseks lõikeparalleeliks $B_N = 59^\circ 20'$ põhjalaiust. Algpunkti tasapinnaliste ristkoordinaatide väärtused on $x_0 = 6\,375\,000$ m ja $y_0 = 500\,000$ m. (Geodeetiline süsteem 2011, § 6 lg 1,2,5)

Kõrgussüsteemiks on Euroopa Vertikaalne Referentssüsteem, mille lähtenivoo on Amsterdamis asuv Normaal Amsterdams Peil (NAP). Kõrguste saamiseks kasutatakse tahke Maa püsivate null-loodete süsteemi ja kõrgused antakse geopotentsiaaliarvudena. Geopotentsiaaliarvudest normaalkõrguste arvutamiseks kasutatakse referentsellipsoidi GRS-80 normaalkõrguste väärtusi. Eestis kasutuses olev geoidi mudel on EST-GEOID2017. (Geodeetiline süsteem 2011, § 8 lg 1-4) Eestis tähistatakse Euroopa Vertikaalse Referentssüsteemi kõrgusi lühendiga EH2000, mille normaalkõrgused epohhil 2000 tuginevad riiklikul kõrgusvõrgul ja lähtuvad EVRS realisatsioonist EVRF2007. Riiklikku kõrgusvõrku täiendavad kohalikud kõrgusvõrgud. Riikliku kõrgusvõrgu ja kohalike kõrgusvõrkude kõrgused on aluseks teistele kõrgussüsteemi realisatsioonidele Eestis. (Geodeetiline süsteem 2011, § 9 lg 1-3)

Ruumiandmete seaduse 6. peatüki § 22 lg 1 alusel *geodeetiline punkt* on kohtkindlalt paigaldatud geodeetilise märgi asukoht maapinnal, pinnases, ehitisel või suure piisava stabiilsusega loodusliku kivisse paigaldatud ja tähistatud rajatis, millele on arvutatud koordinaadid ning vajaduse korral arvutatud kõrgused ja määratud raskuskiirenduse väärtus. (Ruumiandmete seadus 2011, § 22 lg 1; Geodeetiliste tööde tegemise ja geodeetilise märgi tähistamise kord... 2013, § 3 lg 1)

1.2 Geodeetilised võrgud Eestis

Geodeetiline võrk on maastikul kindlustatud ja ühises koordinaatide süsteemis olevate geodeetiliste punktide kogum, mis võetakse aluseks geodeetistel mõõtmistel ja topograafilistel mõõdistamistel. Lisaks lähtutakse võrkude rajamisel põhimõttest "üldisest üksikasjadesse". Seega tähendab seda, et esialgu koostatakse suuurema täpsusega hõredam võrk, mida järk-järgult tihendatakse väiksema täpsusega võrguga. Sealjuures peab riiklik plaaniline võrk tagama Eesti territooriumi kaardistamise ja andmekogude pidamise ühtses koordinaatide süsteemis. (Randjärv 2002: 9; Ruumiandmete seadus 2011, §21 lg 1; §22 lg 2)

Geodeetiliste võrkude rajamise käigus määratakse kindlate reeglite kohaselt kindlustatud punktidele ühtses süsteemis koordinaadid ja kõrgused, ning tulenevalt hierarhisest ülesehitusest määratakse suurema täpsusega hõredam võrk ning tihendamise käigus saadakse väheneva täpsusega võrgud. (Randjärv 2002: 9)

Keskkonnaministri määruse nr 64 § 5 lg 1 kohaselt riiklik geodeetiline põhivõrk jaguneb mõõtmise täpsuse, märkide kindlustatuse ning võrgu hierarhilise ülesehituse kohaselt I ja II klassi võrguks ja tihendusvõrguks. Eelmainitud võrkude punktid ja nende koordinaadid on aluseks teistele geodeetilistele referentssüsteemi Eesti sisestele realisatsioonidele. (Geodeetiline süsteem 2011, § 5 lg 1)

Keskkonnaministri määrus nr 50 §2 määrab geodeetiliste tööde korraldajad, sealjuures riikliku geodeetilise töö korraldajaks on Maa-amet ning omavalitsuse teostada on kohalike geodeetiliste võrgkudega seotud tööd. Määruse § 2 lg 2 ja lg 3 täpsustavad geodeetilise töö korraldaja ülesanded, milleks on nõue tagada geodeetiliste töödega seotud kooskõlastuste saamise ja teavituste edastamine. Lisaks tagab eelmainitud tööde korraldaja kinnisasja omaniku kirjaliku teavitamise paigaldatava või hooldatava geodeetilise märgi asukohast, samuti ka tööde teostamise ajast ja töö teostajatest. (Geodeetiliste tööde tegemise ja geodeetilise märgi tähistamise kord... 2013, § 2 lg 1-3)

Riiklik geodeetiline põhivõrk realiseerib koordinaatsüsteemi riigi territooriumil, nende võrkude täpsus peab tagama teadus-tehniliste ülesannete lahendamise, tihedus võimaldama maamöödutööde ning riigi kaardistamise kiire korraldamise ning tagama sealjuures ka ökonoomse ressursikulu. (Rüdja, Sander 2013: 49)

Kohalik geodeetiline võrk jaguneb seejärel neljaks järguks: (Randjärv 2002: 31)

- 1. järk – kohaliku põhivõrgu lähtepunktid, põhivõrgu punkti plaanilise asendi keskmine ruutviga ± 1 cm.
- 2. järk – põhivõrgu punkti plaanilise asendi keskmine ruutviga ± 2 cm.
- 3. järk - L-EST97 koordinaatide süsteemi transformeeritud olemasoleva geodeetilise põhivõrgu säilinud punktid.
- 4. järk - 1, 2 ja 3 järgu võrgu punktidele tuginev mõõdistamisvõrk, mis peab tagama suuremõõtkavalise topograafilise mõõdistamise graafilise täpsuse $\pm 0,2$ mm.

Kohaliku geodeetilise põhivõrgu lähtepunktide määramisel lähtutakse riigi geodeetilise põhivõrgu I ja II klassi ning tihendusvõrgu punktide koordinaatidest. Samuti võivad olla kohaliku põhivõrgu lähtepunktideks riigi geodeetilised põhivõrgu I ja II klassi ning tihendusvõrgu punktid. (Lisa 1, pkt 2.2, 2.7)

Geodeetilised punktid võivad hävineda või saada rikutud, kui need on paigutatud ebasoodsasse kohta ning ei ole järgitud märkide paigaldamiseks ettenähtud nõudeid. Et selliseid olukordi vältida on keskkonnaministri määrusega kehtestatud geodeetiliste tööde tegemise ja geodeetilise märgi tähistamise kord, geodeetilise märgi kaitsevööndi ulatus ning kaitsevööndi tegutsemiseks loa taotlemise kord. (Geodeetiliste tööde tegemise ja geodeetilise märgi tähistamise kord... 2013)

Keskkonnaministri määrus 50 (Geodeetiliste tööde tegemise ja geodeetilise märgi tähistamise kord... 2013, § 7 lg 1-6) kehtestab geodeetilise märgi paigaldamise üldnõuded, mis on alljärgnevad:

1. Geodeetilise märgi konstruktsioon ja kasutatavad materjalid sõltuvad geodeetilise võrgu liigist ning pinnase omadustest geodeetilise märgi asukohas, mis määratakse kindlaks geodeetilise töö projektis;
2. Geodeetilise märgi ankur, välja arvatud aluspõhja ankurdav märk, tuleb asetada allapoole maapinna külmumispiiri;
3. Geodeetiline märk, välja arvatud ehitis või looduslikku kivisse paigaldatav märk, tuleb paigaldada arvestusega, et enne mõõtmist oleks see läbinud vajumisperioodi sügis - talv – kevad;

4. Ehitisse või loodusliku kivisse paigaldatav või aluspõhja ankurdatav geodeetiline märk tuleb paigaldada vähemalt kaks nädalat enne mõõtmistööd;
5. Kohaliku geodeetilise võrgu 2. järku kuuluva märgi võib paigaldada ülespoole maapinna külmumispiiri ning kandva aluspõhja korral ei pea mõõtmistega ootama vajumisperioodi sügis – talv – kevad;
6. Paigaldatud geodeetiline märk tähistatakse ehitustöö käigus vastavalt määrus nr 50 4. peatükis sätestatule.

1.3 Kohalike võrkude ajalugu ja areng Eestis

19. sajandi lõpul tähistati mõõtmiskohad Eesti triangulatsioonivõrkudes puuvaiadega või puust triangulatsioonitornidega, kuid puit ei pea aastatele vastu ja hävineb. Kui jõudis kätte aeg uuteks kaardistustöödeks, tuli uuesti alustada uute võrkude rajamisega. Esimesteks püsivateks geodeetilisteks märkideks olid 200-400 kg maakivid, nendesse raiuti mõõtmiskoha tähistamiseks rist, millele lisati triangulatsioonitorni ehitamise aasta. Punktide säilimiseks paigutati ülemise kivi alla ka teine, juhuks kui pealmine kivi kannatada sai või hävines põllutööde või muude tegurite korral. Sealjuures alumistesse kividesse kinnitati metallist tähised ehk tsentrimärgid, samuti kasutati punktidenähtena ka kõrgehitisi, kirikuid ja majakaid. (Rüdja, Sander 2013: 119)

Ajavahemikus 1920-1940. aastail rajati suuremates linnades kohalikke geodeetilisi võrke ning need tööd jätkusid ka peale II Maailmasõja lõppu. Geodeetiliste töödega tegelesid ennekõike Vene ettevõtted. Eesti organisatsioonidel oli luba töid teostada vaid kuni 10 km² suurustel maa-aladel. (Kohalik geodeetiline võrk 2017)

Eesti taasiseseisvumisega kaasnes ka linnade kiire areng, kus kohalikud võrgud olid omaette koordinaatide süsteemis nn „kohalikus süsteemis.“ See oli ka põhjus mis tekitas vajaduse alustada kohalike geodeetiliste võrkude rekonstrueerimisega, et viia punktid ühtsesse riikliku süsteemi. Rekonstrueerimise tulemusena hakati arvutama geodeetilise võrgu punktide koordinaate L-EST (algul L-EST92, hiljem L-EST97) koordinaatide süsteemis. Lisaks määrati teisendusparameetrid L-EST ja vana koordinaatide süsteemi vahel. Taasiseseisvus järgsetel esimestel aastatel tehti seda transformeerimisega, hiljem rekonstrueeriti osa võrke koos mõõtmiste ja uute punktide asetusega. (Kohalik geodeetiline võrk 2017)

1.3.1 Kohalike geodeetiliste põhivõrkude rekonstrueerimine taasiseseisvunud Eestis

Esimeste kohaliku geodeetilise põhivõrgu rekonstrueerimise projektidega tehti algust 1996. aastal. Esimesed põhivõrkude taastamised said alguse aastatel 1997-1998 ning nendeks asulateks olid Lihula, Otepää, Paldiski, Tamsalu, Tapa, Türi ja Valga. (Priit Pihlak, e-kiri) Projektide koostamisel on kasutatud rekonstrueerimisel 1996. aasta juhendit, mille kohta Priit Pihlaku sõnul puuduvad temal andmed selle säilivuse kohta. Suures osas on tehtud rekonstrueerimised asulates Maa-ameti tellimusel, kuid samuti on oma panuse sellesse andnud ka omavalitused. Omaalgatuslikult on töid tellinud Tallinn, Tartu, Pärnu, Narva, Haapsalu ja Kuressaare, millest ainult 1. järk on tellitud Maa-ameti poolt.

Tänase päeva seisuga on rekonstrueeritud 70 kohalikku geodeetilist võrku. 2017 a. on alustatud Maa- ameti ja Viimsi valla koostöös kohaliku võrgu rekonstrueerimist, mille projekt on valminud 2017. aastal ja tööd jätkuvad 2018. aastal. (Priit Pihlak, e-kiri)

1.4 Kohalikes geodeetilistes võrkudes kasutatud koordinaatsüsteemid

Nõukogude liidus (edaspidi NSVL) oli geodeetiline süsteem Pulkovo-42 kasutusel alates 1946. aastast. Kogu NSVL territooriumil ajavahemikus 1946-1990 aastatel arvutati punktide geodeetilisi koordinaate Krassovski referentsellipsoidil ja ristkoordinaate Gaussi-Krügeri konformse põiksilindrilise projektsiooni tasandil. Gaussi-Krügeri projektsiooni iseloomustab see, et projektsioon on konformne ehk õigenurkne, telgmeridiaan ja ekvaatori kujutised on ristuvad sirged ning nende lõikepunkt on ristkoordinaatide algpunktiks. Gaussi-Krügeri projektsiooni kirjeldab veel ka see, et telgmeridiaanil on mõõtkavategur võrdne ühega. Kogu maakera on jagatud meridiaanidega Gaussi-Krügeri projektsiooni ja koordinaatide süsteemi kasutamisel 6° või 3° tsoonideks. (Randjärv 2002: 22)

Gaussi-Krügeri ristkoordinaatsüsteem oli kasutusel kuni 1990. aastani, selle nõrgaks kohaks peeti selle salastatust. Lisaks riiklikule süsteemile olid veel kasutusel asulate kohalikud süsteemid, neid oli Eestis mahult umbes 160 erinevat koordinaatsüsteemi. Kuna vananenud võrk ei vastanud enam oodatud tulemustele ja täpsusele, siis 1990. aastatel hakati looma uut geodeetilist põhivõrku. GPS-mõõtmiste kampaania EUREF-BAL92 mõõtmistega tehti algust 1992. aastal Baltimaades, millest 5 punkti mõõdeti Eestis ja mis laiendas Euroopa põhivõrku EUREF. Nendel 5 punktil baseeruvat plaaniliste ristkoordinaatide süsteemi nimetati L-EST92. Kuid NSVL aegseid süsteemi täiesti kõrvale

ei heidetud ja kasutati ka neid edasi. 1994 aastal teostati EUREF-BAL92 punktide kontrollmõõtmised, mille käigus selgus tehtud mõõtmistes on vead. Sellest tulenevalt hoogustas see kaasa uue võrgu loomisele ning 1996-1997. aastatel loodi uus geodeetiline võrk, mis koosnes 212 punktist. Nendel ja 1993-2001 rajatud tihendusvõrgu punktidel baseeruva ristkoordinaatide süsteemi nimeks sai L-EST97. (Eesti geodeetiline süsteem 2005)

2. KOHALIKU GEODEETILISE PÕHIVÕRGU REKONSTRUEERIMISE METOODIKA

2.1 Kohaliku geodeetilise põhivõrgu ülevaatus

Lähteülesande saamisele ja arhiivimaterjalidega läbitöötamisele järgneb maastikul punktide ülevaatus, mille käigus selgitatakse välja varem rajatud kohaliku geodeetilise võrgu tsentrite sobivus ja kasutamise võimalus uue geodeetilise võrgu ülesehitamiseks. Põhivõrgu märkide ülevaatus juhend annab alused ja nõuded materjali vormistamiseks, selleks on vajalik koostada märkide ülevaatus aruanne, mis sisaldab seletuskirja, kus tuuakse välja märkide hävinemise protsent, märkide tüübid ja remondimaht. Ülevaatusel koostatakse koondtabel, mis kajastab punktide seisukorda. (Randjärv 2002: 45)

Koondtabel koosneb 13 veerust, mis sisaldab järjekorra numbrit, märgi numbrit, märgi seisukorda, vajalikke remonditöid, avatust GNSS mõõtmiseks ja märkuseid. Koondtabeli täitmisel tuleb märgi seisukorra hindamiseks võimalikult täpselt märkida punkti olukord, näiteks kas punkt on korras, rikutud, hävinud või leidmata. Vajalike remonditöödena märgitakse tabelisse, kas on vaja asetada või tõsta katteluuk, paigaldada tunnusspost, panna krae või vajadusel teha kupits. Uue võrgu projekteerimisel on väga oluline teada GNSS mõõtmise avatust ehk, et GNSS-antenni horisondil ei oleks segavaid tegureid. Märkustena saab anda objekti kohta täpsustusi. (Randjärv 2002: 45)

2.2 Kohaliku põhivõrgu ülesehitus ja täpsus

Kohaliku geodeetilise võrgu punktide asukoha määramisel on olemas erinevad mõõtmis skeemid ja –viisid. Projekteeritud punktide asukoha vead võivad sõltuda erinevatest teguritest, millest tähtsaim on lähtepunktide koordinaatide täpsus, nurkade ja joonte mõõtmise täpsus, joonte pikkus, nurkade arv ja GNSS-antenni löikenurga suurus. Täpsemad tulemused saadakse lähtepunktide suurema arvu korral. Täpsemate tulemuste tagamiseks, tuleks eelistada sõlmpunktidega käikude süsteeme ja mitmekordseid löikeid, mis toetuks rohkem kui kahele või kolmele lähtepunktide paarile. (Randjärv 2002: 49)

Kohaliku geodeetilise võrgu lähtepunktidena võib kasutada riigi geodeetilise põhivõrgu I ja II klassi punkte ning samuti ka tihendusvõrgu punkte. Kui nimetatud punktide kasutamine ei ole võimalik, tuleb GNSS-mõõtmistega määrata uued 1. järgu punktid, toetudes I ja II klassi põhivõrgu või tihendusvõrgu punktidele. Lähtepunktid peavad paiknema kahe kaupa ehk moodustavad punktipaari. Näiteks asulas 6 ruutkilomeetri kohta tuleks kasutada mitte vähem kui kolme punktipaari. Lähtepunktid peavad asuma asula lähiümbruses, juhul kui asula on suurem kui 10 km², peavad lähtepunktid asuma ka asula territooriumil. Paarispunktide omavaheline distant peab olema reeglina 300-500 meetrit. Juhul, kui asula territooriumil ei ole võimalik GNSS mõõtmisteks leida sobiva horisondiga asukohta, siis võib lähtepunktid rajada üksikpunktidenä. (Lisa 1, ptk 2.2-2.5)

GNSS mõõtmisel tuleb arvestada ka ümbritsevte keskkonnateguritega, nagu signaalide mitmeteelisus. Seega tuleks kasutada *choke ring* tüüpi põhjaplaadiga GNSS antenne. Need peavad olema ühetüübilised, seetähendab, et antennide faasitsentrite muutus peab olema identne. Kindlasti tuleks kasutada kahesageduslikke GNSS vastuvõtjaid, mis võimaldavad vähemalt L1 ja L2 sagedusel täistsüklite kasutamist. See on vajalik eelkõige ionosfääri mõju elimineerimiseks signaalide lineaarkombinatsiooni kaudu. Oluline on kasutada staatilist mõõtmismeetodit ja mõõtesessiooni pikkus peab olema minimaalselt 90 minutit. GNSS mõõtmised projekteeritakse nii, et võrku kuuluvad vaid mittetriviaalsed vektorid ja need peavad moodustama lausvõrgu. Lausvõrk tähendab, et vektoritest moodustunud kujundiks on kolmnurk. (Lisa 1, ptk 2.8)

Eesti Entsüklopeedia sõnastab polügonomeetria mõistet kui geodeetiliste punktide koordinaatide määramise meetodit, mille korral moodustub koordinaatidega punkte ühendav murdjoon ehk polügonomeetriline käik või siis sõlmpunktide kaudu ühendatud polügonomeetriline käikude süsteem, mida nimetatakse polügonomeetriliseks võrguks, mille korral mõõdetakse lõikude vahelised pikkused ja nurgad. (Eesti Entsüklopeedia)

Kohalike võrkude 2. järgu mõõtmistel kasutatakse enamasti polügonomeetria mõõtmismeetodit, kus igal punktil mõõdetakse horisontaalnurk eelmise ja järgmise märgi vahel ning märkide vaheline kaugus. Polügonomeetria käigu mõõtmiseks peab kahe järjestikkuse geodeetilise punkti vaheline nähtavus olema vastastikune. Kuid on ka selliseid juhuseid, kus on kaasatud võrku märgid, millel on nähtavus ainult ühele naabrile. Üksikud geodeetilised märgid moodustavad ühendades esmalt polügonomeetriakäigu, mis omakorda moodustab polügonomeetria süsteemi ehk võrgu. (Rüdja, Sander 2013: 108)

2.3 Geodeetilised märgid ja välisvormistus

Keskkonnaministri määrus nr 50 sõnastab geodeetilise märgi mõistet, kui kohtkindlat maapinnale, maapõue, ehitisse või piisava suurusega looduslikku kivisse paigaldatud ja tähistatud märki ning see paigaldatakse geodeetilise töö käigus. (Geodeetiliste tööde tegemise ja geodeetilise märgi tähistamise kord... 2013, § 3 lg 1 ja 4)

Geodeetilise märgi paigaldamise üldnõuded on sätestatud Keskkonnaministri määrusega nr 50 „Geodeetiliste tööde tegemise ja geodeetilise tähistamise kord, geodeetilise märgi kaitsevööndi ulatus ning kaitsevööndis tegutsemiseks loa taotlemise kord“. Selle määruse § 7 toob välja geodeetilise märgi paigaldamise üldnõuded. Esimesena, geodeetilise märgi materjal sõltub geodeetilise võrgu liigist, asukohast ja pinnase omadustest. Märgi ankur peab olema kinnitatud maapinnas selliselt, et see jääks maapinna külumumise piirist alla poole. Oluline on, et märk paigaldatakse sellise arvestusega, et enne mõõtmise teostamist oleks see läbinud vajumisperioodi (sügis-talv-kevad). Ehitisse ja looduslikku kivisse paigaldatava märgi korral tuleb arvestada seda, et see oleks tehtud paar nädalat enne mõõtmistoid. Erisus tekib 2. järku kuuluva märgi paigalduses, siin ei ole nõuet, et see peaks läbima vajumisperioodi nõuet. (Geodeetiliste tööde tegemise ja geodeetilise märgi tähistamise kord... 2013, § 7 lg 1-5)

Geodeetiliste märkide välisvormistuse oluline osa on kupits, mis paigaldatakse punktidele, kus selleks on vaba ruum 5x5 m ning kujult on see ruut, mille tunnuskraavi mõõtmed on järgmised: siseserva pikkus 3,0 m, sügavus 0,4 m, põhjalaius peab olema vähemalt 0,2 m ning sõltuvalt nõlva pinnasest peab pealtlaius olema vähemalt 0,5 m. Nende taastamisel on oluline jälgida, et märgi väliskujundus oleks identselt säilinud ja vajadusel seda uuendada. Lisaks tuleb jälgida, et kupits ja selle ümber olev 1 meetri laiune riba väljaspool tunnuskraavi oleks võsast puhastatud. Kupitsa orienteerimisel tuleb jälgida, et see oleks 50 meetri lähedusel oleva teega paralleelselt (sh ka kraavide ja piirete äärtega). (Lisa 1, ptk 4.1)

Keskkonnaministri määrus nr 50 kohaselt valmistatakse geodeetilise märgi tunnuspost vastupidavast ja ilmastikukindlast materjalist ja paigaldatakse kohtkindlalt ning see paigutatakse geodeetilisest märgist 1 meetri kaugusele ja võimalusel põhjasuunas tunnussildiga märgi poole. (Geodeetiliste tööde tegemise ja geodeetilise märgi tähistamise kord... 2013, § 13 lg 1)






Peale kupitsa rajamist tuleb paigaldada raudbetoonist tunnuspost, mis asetatakse kupitsa tsentrist 1 m kaugusele, mis paikneb kupitsa põhjapoolsel küljel. See paigaldatakse maasse 0,6 m sügavusele. Postile lisatakse tunnusilt, mille peale kirjutatakse punkti number, mille kõrguseks on 50 millimeetrit. Tunnuspostide pikkuseks on 1,2 kuni 1,8 meetrit, ristlõikega 90 kuni 150 x 120 kuni 150 mm. (Lisa 1, ptk 4.2)

2.4 Tehnilise projekti koostamine

Kohaliku põhivõrgu rajamisel peab lähtuma etteantud nõuetest, esimese tegevusena tuleb tööpiirkond kooskõlastada kohaliku omavalitusega. Seejärel, enne tehnilise projektiga alustamist, tuleb korraldada asula olemasoleva kohaliku põhivõrgu täielik ülevaatus. Selle põhjal tehakse kohaliku põhivõrgu rajamise tehniline projekt, mis sisaldab järgnevaid komponente: (Lisa 1, ptk 5.1-5.4)

1. Objekti üldiseloostus;
2. Varasemate geodeetiliste põhivõrkude ülevaade (tööde loetelu, tegija, aasta, aruannete ja kataloogide asukoht, inventari numbrid ja skeemid);
3. Seletuskiri (märkide hävimise- ja remondi maht, märkide tüübid);
4. Ülevaatuses koondtabel;
5. Ülevaatuses koondskeem.

Ülevaatuses tulemused tuleb tähistada kaardil järgmiste leppemärkidega: (Lisa 1, ptk 5.4)

-  - GNSS mõõtmisteks sobiv punkt
-  - säilinud
-  - rikutud
-  - hävinud
-  - leidmata

Projekti metoodilise osa põhivõrgu skeemis peavad olema märgistatud lähtepunktid, uued punktid ning sellesse võrku kaasatud olemasolevad punktid. Samuti on oluline kajastada polügonomeetriakäigud, sealhulgas ära märkida koordineeritavad kõrgehitised (nt kirikutornid, sidemastid) ja lisatud transformeerimisparameetrite arvustamiseks kasutatavad punktid. Projekti üldandmetes kajastatakse kindlasti kohaliku põhivõrgu mõõtmise metoodikat ja tuuakse välja kasutatavad tehnilised vahendid. Kõrguste määramisteks koostatakse nivelleerimiskäikude skeem ning lisatakse asetatavate tsentrite kirjeldused ja joonised. Samuti kirjeldatakse üldandmetes tööde mahtu. (Lisa 1, ptk 5.4.7-5.4.11)

3. TORMA ALEVIKU KOHALIKU GEODEETILISE PÕHIVÕRGU REKONSTRUEERIMISE PROJEKT

3.1 Torma aleviku üldiseloostus

Torma alevik (Joonis 1) asub peale 24. oktoobrit haldusreformi alusel moodustatud uues haldusüksuses kuhu kuuluvad Jõgeva linn, Jõgeva vald, Palamuse vald ja Torma vald. Lisaks neljale omavalitsusele kuuluvad uude valda ka Kaave küla, Jõune, Härjanurme, Pööra ja Saduküla külad. Uue valla nimeks sai Jõgeva vald, mille volikogu ja valitsus asuvad Jõgeva linnas. Ühinenud omavalitsuse territoriaalne pindala on üle 1000 km² ja rahvaarv on üle 14 000 inimese. (Jõgeva vald 2018)



Joonis 1. Torma aleviku administratiivpiir (tähistatud kollase joonega)

Torma alevik on pindalalt 2,9 km² ja 2014. aasta seisuga on aleviku elanike arvuks 461 inimest, mis on varasemate aastatega võrreldes mõnevõrra kahanenud. (Torma valla... 2016)

3.2 Torma aleviku kohalik geodeetiline põhivõrk

Torma kohaliku geodeetilise võrgu rajamise aruanne on koostatud 1984. aastal Tallinnas Riikliku Ehitusuuringute Instituudi (REI) poolt. Nende poolt on koostatud tehniline aruanne topo-geodeetiliste tööde kohta, milles on kajastatud I järgu polügonomeetria punktide kõrgused ja koordinaadid. Samuti on ka kataloogi lisatud IV klassi nivelleerimise kõrgused Torma aleviku kohta. Projekti kogu maksumuseks oli 14 367 rubla. Tööpiirkond Torma alevikus oli 296,8 ha, polügonomeetria käikude pikkus 19,06 km ja võrk koosnes 64 punktist, nivelleerimiskäikude pikkus oli 27,5 km. Polügonomeetria käikude rajamiseks kasutati kahte erinevat geodeetilise märgi tüüpi: 6 (Lisa 2) ja 6A (Lisa 3). Tööd tegid A. Tuvike, O. Kuus, R. Laineste, A. Hallik. Instrumentidest oli kasutusel elektrontahhümeeter EOT-2000 nr 200948, millega mõõdeti nii nurgad kui ka joonepikkused. Nurgad mõõdeti kahe täisvõttega ja joonte mõõtmisel kasutati kolme (3) ja seitsme (7) süsteemiga prismat. Punktide koordinaadid olid Torma aleviku kohalikus süsteemis ja kõrgused arvutati Balti 1977 süsteemis. Kõrgused nivelleeriti instrumendiga H-3K mille number oli 7741 ja lugemid võeti kahele kahepoolsele latile.

3.3 Torma aleviku kohaliku geodeetilise põhivõrgu ülevaatus

Torma aleviku kohaliku põhivõrgu märkide ülevaatus käesoleva projekti koostamiseks viis töö autor läbi ajavahemikus november 2017 – aprill 2018. aastal. Punktide leidmiseks kasutati Maa-ameti geoportaalis olevat geodeetiliste punktide andmebaasi, kus saab punktide X ja Y koordinaadid. Punktide otsimiseks kasutati RTK GNSS seadet Trimble R4-3 ja väliarvutit Trimble TSC3. Ülevaatus käigus kontrolliti 64 geodeetilise märgi olemasolu, seisukorda ja sobivust edasiseks kasutamiseks. Iga säilinud märgi juures hinnati tsentri korrasolekut, vaadati välisvormistuse seisukorda ja koostati ülevaatus tabelid (Lisa 4). Seejärel fotografeeriti kõik punktid ja ümbrus. Fotod Torma aleviku kohaliku geodeetilise võrgu punktidest leiab lisas 5.

Ülevaatus käigus selgitati, kas:

- tsenter on korras/rikutud;
- tsenter on kasutatav mõõtmistöödel;
- märgil on nõuetekohased välisvormistuse elemendid;

- märk on sobiv GNSS mõõtmiseks;
- suunad on naaberpunktidele avatud;
- märki on vajalik remontida.

Üle vaadatud 64 märgist olid:

• kasutuskõlblikud	15	(23%)
• rikutud	5	(8%)
• hävinenud	36	(56%)
• leidmata	8	(13%)

Olemasolevate märkide remondimaht on järgmine:

• asetada katteluuk	5
• tõsta katteluuke	2
• asetada metallkaasi	0
• asetada tunnusposte	19
• asetada kraesid	2
• ehitada kupitsaid	0

Torma aleviku kohaliku põhivõrgu ülevaatus käigus vaadati ka asula piires olevate kõrgehitiste (kirikud, korstnad) tippe, mida saaks koordineerida mitmekordsete otselõigetega. Torma alevis selliseid üheselt määratlevaid ja üle asula territooriumi paistvaid objekte ei leidunud.

Ülevaatus käigus selgitati välja GNSS mõõtmisteks sobiva asukohaga punktid. Ka uute käikude projekteerimisel ja märkide asukohavalikul hinnati punkti asukoha sobivust GNSS mõõtmisteks. Põhivõrgu ülevaatus koondtabelis (Lisa 4) sisaldub GNSS mõõtmiseks sobilike märkide loetelu. Samuti koostati geodeetilise võrgu ülevaatus alusel skeem (Lisa 6). Kohaliku põhivõrgu ülevaatus käigus otsiti üles ja hinnati tööpiirkonnas olevate I ja II klassi reeperite seisukorda. Torma alevikus ja selle lähiümbruses on kasutuskõlblikud kolm (3) I klassi kõrgusvõrgu punkti ja üks (1) II klassi kõrgusvõrgu punkt. Reeperid on ülesse fotografeeritud ja pildid leiab lisast 7.

3.4 Kohaliku põhivõrgu 1. järk

Torma aleviku administratiivpiir on 2,9 km², kohaliku geodeetilise põhivõrgu rekonstrueerimise tööpiirkond on 1,4 km² ja skeemi leiab lisast 8. Projekteerimist alustatakse kohaliku geodeetilise põhivõrgu 1. järgu punktidest. 1. järgu punktide koordinaadid määratakse GNSS mõõtmistega. Vastavalt geodeetiliste võrkude hierarhilisele ülesehitusele on kohalike geodeetiliste põhivõrkude lähtepunktideks riigi geodeetilised põhivõrgu I ja II klassi või tihendusvõrgu punktid.

Torma aleviku kohaliku geodeetilise põhivõrgu 1. järgu punktide GNSS-mõõtmiste lähtepunktidenä kasutatakse viite (5) riigi geodeetilise tihendusvõrgu punkti (Tabel 1). Punktide koordinaadid on saadud Maa-ameti geoportaali lehelt.

Tabel 1. Torma kohaliku põhivõrgu 1. järgu lähtepunktid

Punkti nr.	Punkti nimi	B (° ' '')	L (° ' '')	H (m)
295	Koimula	58 49 03,88778	26 39 22,44907	-
326	Näduvere	58 50 20,74619	26 42 48,86205	109,818
329	Kõnnu	58 49 58,24238	26 47 50,43441	81,271
302	Tarakvere	58 46 47,81744	26 46 17,94508	80,839
291	Konnaküla	58 47 01,83429	26 40 48,02241	88,806

Torma aleviku kohaliku geodeetilise põhivõrgu 1. järgu punktide projekteerimisel lähtuti sellest, et punktide hulk vastaks juhendis kehtestatud nõuetele ja asukoht võimaldaks mõõta GNSS seadmega. Kohaliku geodeetilise võrgu 1. järgu punktideks valiti kaheksa (8) punkti, millest viis (5) on olemasolevad punktid, üks (1) riigi geodeetilise tihendusvõrgu punkt ja kaks (2) uut punkti (Tabel 2). 1. järgu punktidest vajavad GNSS koordineerimist neli (4) punkti, 1. järgu GNSS-mõõtmiste projektskeem on leitav lisast 9.

Tabel 2. Torma aleviku kohaliku põhivõrgu 1. järgu punktid

Jrk nr.	Punkti nr.	Märkus	GNSS mõõtmised
1	1	Olemasolev kohaliku võrgu 1. Järk	Vajab
2	2	Olemasolev kohaliku võrgu 1. Järk	-
3	9	Olemasolev kohaliku võrgu 1. Järk	Vajab
4	10	Olemasolev kohaliku võrgu 1. Järk	-
5	301	Riikliku tihendusvõrgu punkt	-
6	1001	Uus kohaliku võrgu 1. Järk	Vajab
7	1010	Uus kohaliku võrgu 1. Järk	Vajab
8	2457	Olemasolev kohaliku võrgu 1. Järk	-

Torma aleviku kohaliku geodeetilise põhivõrgu skeemi leiab lisast 10.

3.5 Kohaliku põhivõrgu 2. järk

Torma aleviku 2. järgu kohaliku geodeetilise põhivõrgu rajamiseks kasutatakse polügonomeetria meedodit. Plaaniliste lähtepunktidenä kasutatakse Torma aleviku kohaliku geodeetilise võrgu 1. järgu seitset (7) punkti ja ühte (1) tihendusvõrgu punkti. Kõrguslikeks lähtepunktideks on kohaliku geodeetilise võrgu 1. ja 2. järgu kaheksa (8) punkti, mis mõõdetakse geomeetrilise nivelleerimise teel ja mille kõrgused arvutatakse EH2000 kõrguste süsteemis.

Torma aleviku kohaliku geodeetilise põhivõrgu projekteerimisel on põhiliseks tingimuseks võrgu hea geomeetiline kuju, polügoonide homogeensus, joonepikkuse ühtlus ja sõlmpunktide suundade asetus. Tööde teostamisel tuleb arvestada Torma aleviku kohalike tingimustega, milleks on eramaaomandid, tööstuse territooriumid, Torma mõisa territoorium ja teedevõrk.

Torma aleviku geodeetilise põhivõrgu uued kindlustatud punktid nummerdati numbritega 1001 ... 1027. Uues projekteeritud kohalikus põhivõrgus on 2. järgu punkte 31, neist olemasolevaid on seitse (7) ja projekteeritud uusi punkte on 24. Rajatavas kohalikus geodeetilises võrgus on kolm (3) polügooni ja kaheksa (8) sõlmpunkti. Polügonomeetriakäikude üldpikkus on 9,4 km ja keskmine naaberpunktide vaheline kaugus on 201 m.

Polügoonide pikkused on järgnevad:

1. Suurima polügooni perimeeter on 4204 m ja punkte on 14.
2. Keskmise polügooni perimeeter on 3144 m ja punkte on 15.
3. Väikseima polügooni perimeeter on 2387 m ja punkte on 14.

Lähtudes ülevaatusse tulemustele ja uute punktide asukohavalikule järgnevalt koostati Torma aleviku kohaliku geodeetilise põhivõrgu rekonstrueerimise ja rajamise projekt mõõtkavas 1:15 000. Skeemile on kantud polügonomeetriakäigud, 1. ja 2. järgu punktid, eristades olemasolevaid ja uusi rajatavaid punktid. Samuti on välja toodud käikude mõõtmiseks vajalikud ajutised punktid ja transformeerimisparameetrite arvutamiseks NSVL-aegsest kohalikust süsteemist riiklikku süsteemi L-EST97 kasutatavad punktid. Torma aleviku kohaliku geodeetilise võrgu skeem on esitatud lisas 10 ja kõikide punktide loetelu on lisas 11.

3.6 Kohaliku põhivõrgu mõõtmiseks kasutatavad instrumendid

1. järgu GNSS mõõtmiste metoodika ja tehnika valitakse selline, et tagada 1. järgu nõuetele vastav täpsus ehk punkti plaanilise asendi keskmine ruutviga võib olla kuni ± 1 cm lähtepunktide suhtes. GNSS mõõtmistel kasutatakse staatilist suhtelist mõõtmismeetodit mille puhul uue punkti asukoht määratakse tuntud punkti suhtes. Selleks on vaja vähemalt kahte vastuvõtjat mis on paigaldatud punktidele. Iga vastuvõtja vahele saab igas mõõtesessioonis ühe vektori. Võrkude tasandamisel kasutatakse vähimruutude meetodit.

Kohaliku geodeetilise põhivõrgu 1. järgu GNSS mõõtmistel peab kasutama kahesagedusliku vastuvõtjat ja antenniks peab olema *choke ring* tüüpi antenn, sellist tüüpi antenn suudab vähendada GNSS signaalide mitmeteelisust. Vastuvõtjana on planeeritud kasutada Leica GR50 vastuvõtjat (Joonis 2) ja antennina Leica AR20 *choke ring* antenni (Joonis 3).



Joonis 2. Leica GR50 vastuvõtja. *Allikas:* (Leica Geosystems).



Joonis 3. Leica AR20 choke ring antenn. *Allikas:* (Leica Geosystems).

Torma kohaliku geodeetilise põhivõrgu 2. järgu punktide mõõtmise instrumendi valimisel tuleb lähtuda sellest, et oleks tagatud kohaliku põhivõrgu 2. järgu täpsus, mis on maksimaalselt ± 2 cm 1. järgu punkti suhtes. Kohaliku plaanilise geodeetilise põhivõrgu rekonstrueerimise ja rajamise juhendis on kehtestatud ka elektrontahhümeetritele nõuded, mis ütleavad, et instrumendi nurga mõõtmise täpsus $\geq \pm 1,5''$ ja kauguse mõõtmise täpsus $\geq \pm(2 \text{ mm} + 2 \text{ ppm})$. Lähtudes juhendis seatud nõuetest kasutatakse polügonomeetria mõõtmisel elektrontahhümeetrit Trimble S9 (Joonis 4).



Joonis 4. Elektrontahhümeeter Trimble S9 *Allikas:* (Geosoft).

Elektrontahhümeetri Trimble S9 nurga mõõtmise täpsus on $\pm 0,5''$ ja $\pm 1''$, kauguse mõõtmise täpsus prisma režiimis, standardse mõõtmisega on $\pm 1 \text{ mm} + 2 \text{ ppm}$.

3.7 Transformeerimise parameetrid

Torma aleviku kohaliku süsteemi ja L-EST97 süsteemi koordinaatide vaheliste transformeerimisparameetrite arvutamiseks kasutatakse kuute (6) vana võrgu punkti (Tabel 3). Punktide valikul arvestati, et punktid oleksid ühtlaselt üle võrgu jaotatud.

Tabel 3. Transformeerimisparameetriteks kasutatavad punktid

Jrk. Nr	Punkti nimetus	Märkus
1	1	Olemasolev kohaliku võrgu 1. Järk
2	10	Olemasolev kohaliku võrgu 1. Järk
3	17	Olemasolev kohaliku võrgu 2. Järk
4	38	Olemasolev kohaliku võrgu 2. Järk
5	63	Olemasolev kohaliku võrgu 2. Järk
6	2457	Olemasolev kohaliku võrgu 1. Järk

Transformeerimisparameetrite arvutamisel jälgitakse jääkvigu, kui mõnel punktil esineb suur jääkviga siis see lülitatakse ühitatud punktide hulgast välja, määratakse täiendav uus punkt ja arvutatakse uued parameetrid.

3.8 Torma aleviku kohaliku geodeetilise võrgu nivelleerimine ja kasutatavad instrumendid

III klassi geomeetrilise nivelleerimise teel määratakse riikliku kõrgusvõrgu reeperitest nr 51, 8281 ja 8299 kõrgused EH2000 süsteemis kaheksale (8) kohaliku põhivõrgu punktile, mida omakorda kasutatakse ülejäänud põhivõrgu punktide trigonomeetrilise nivelleerimise kõrgusliku tasandamise lähtepunktidenä. Kõrguslikud lähtepunktid on esitatud tabelis 4. Torma aleviku kohaliku põhivõrgu ülevaatus käigus otsiti üles ja hinnati tööpiirkonnas olevate I ja II klassi reeperite seisukorda. Torma alevikus ja selle lähiümbruses on kasutuskõlblikud kolm (3) I klassi kõrgusvõrgu punkti (Tabel 5) ja üks (1) II klassi kõrgusvõrgupunkt. Geomeetrilisel nivelleerimisel tuleb lähtuda III klassi nivelleerimise nõuetest (Torim 1994). Geomeetrilise nivelleerimise skeem on esitatud lisas 12.

Nivelleeritakse kaks (2) käiku:

1. Rp51→1001→1→2→1002→Rp8281 /Pikkus 1,4 km
2. Rp8299→63→1009→1010→301→1010→1009→63→Rp8299 /Pikkus 1,5 km

Rajatavate nivelleerimiskäikude kogupikkus on 2,9 km.

Tabel 4. Torma aleviku kohaliku põhivõrgu kõrguslikud lähtepunktid

Jrk. Nr	Punkti nr.	Märkus
1	1	Kõrgus nivelleeritakse
2	2	Kõrgus nivelleeritakse
3	63	Kõrgus nivelleeritakse
4	1001	Kõrgus nivelleeritakse
5	1002	Kõrgus nivelleeritakse
6	1009	Kõrgus nivelleeritakse
7	1010	Kõrgus nivelleeritakse
8	301	Kõrgus nivelleeritakse

Tabel 5. Geomeetrilise nivelleerimise lähtereeperid

Jrk. Nr	Reeperi nr.	Klass	Kõrgus EH2000 (m)
1	51	I	96,181
2	8281	I	94,798
3	8299	I	80,458

Geomeetriliseks nivelleerimiseks kasutatakse nivelliiri Trimble DiNi 12 ja invar koodlatte.

Nivelliiri spetsifikatsiooni olulisemad näitajad on esitatud tabelis 6.

Tabel 6. Nivelliir Trimble DiNi 12 spetsifikatsioon

Niveliir	Trimble DiNi 12
Pikksilma suurendus	32 x
Kompensaator	
Tööpiirkond	± 15'
Täpsus	± 0,2''
1 km edasi-tagasi nivelleerimise keskmine ruutviga	± 0,3 mm

3.8.1 Instrumendi kontroll

Enne kui alustatakse välitöid tehakse nivelliirile ja lattidele põhjalik kontroll. Esiteks on oluline, et nivelliir ja statiiv üldine seisukord oleks korras. Siis vesiloodide kontroll ja justeerimine, samuti ka viseerimiskiire ja horisontaaltasapinna vahelise nurga määramine. Oluline on ka lati talla nullpunktide kõrguste erinevuste määramine ja lati talla ristseisu kontrollimine. (Torim 1994; 22)

Välitööde perioodil tuleb samuti iga päev kontrollida nivelliiri. Esiteks nivelliiri ja statiivi visuaalne kontroll, paigaldamisel vesiloodi õigsust. Eriti oluline on määrata iga päev nivelliiri viseerimiskiire ja horisontaaltasapinna vaheline nurk ja kontrollitakse selle püsivust. Samuti lati ümarvesiloodi kontroll. (Torim 1994; 22)

3.8.2 Mõõtmiste metoodika

Kohaliku geodeetilise põhivõrgu nivelleerimisel tuleb lähtuda III klassi nivelleerimise nõuetest. (Torim 1994) Käigud niveleeritakse edasi- ja tagasisuunas ja sektsioonis peab olema alati paarisarv jaamu. Sektsiooni nivelleerimisel vastassuunas vahetatakse alati lattide asukoht ja reeperile asetatakse teine latt. Nivelleerimisel on kasutusel jäik, mittemuudetava pikkusega statiivi. Enne tööde algust hoitakse nivelliiri ja latte õues, et need saavutaksid töötemperatuuri. Nivelliiri tuleb kaitsta päikese ja tuule eest päikesevarjuga. Nivelliiri ja lattide vaheline kaugus peab jääma 70 m sisse. Viseerimisel ei tohi kiir lattel jääda madalamale kui 30 cm. Vaatluse järjekord jaamas on kas TEET või ETTE. Tulemusi kontrollitakse sektsioonides ja käikudes. Niveleerimiskäigu või polügooni sulgemisviga ei tohi ületada $\pm 8 \sqrt{L}$ (mm) kus L on pikkus kilomeetrites. (Torim 1994; 23-25)

3.9 Asetatavate märgitüübide kirjeldus

Kohaliku geodeetilise põhivõrgu 1. ja 2. järgu rajamisel kasutatakse erinevaid märgitüüpe, mille kehtestab „Kohaliku plaanilise geodeetilise põhivõrgu rekonstrueerimise ja rajamise juhend“. Torma alevi kohaliku geodeetilise põhivõrgu rajamisel on kasutatud järgmiseid märgitüüpe nr. 5001, 5030 ja ajutine märk.

Märgitüübid 5001 (Lisa 13) ja 5030 (Lisa 14) märgid asetatakse piirkondadesse, kus puudub tihe asustus ja maa-alused kommunikatsioonide võrgud. Märke kasutatakse põhiliselt 1. järgu punktide rajamisel, aga kui punkti asukoht võimaldab, siis ka 2. järgu kohaliku põhivõrgu punktide rajamisel. Märkide 5001 ja 5030 tsentrivardaks on 25 mm läbimõõduga ümarraud mille pikkus on 1700 mm. Tsentrivarda alumisele otsale keevitatakse külge rist 12 mm ristlõikega ja 60 mm pikkusega. Varras kaetakse terves ulatuses epoksüüdvärviga „EPITAR“. Märgi tsentriks on tsentrivarda ülemine kumera kujuga ots, mille keskkohas on 2 mm läbimõõduga auk. Ankruks on 500 mm pikkune ja läbimõõduga 60-100 mm plasttoru, mis täidetakse betooniga (mark 400) ja fikseeritakse tsentrivarda alumine otsa ümber sarrusrauast ristile. Looduses asetatakse tsenter valitud asukohta ja eelnevalt valmispuuritud auku, sügavus peab olema taganud selle, et tsentrivarras paikneb betoonkraest madalamal. Auk tsentrivarda ümber täidetakse liivaga ja tihendatakse. Tsentrivarda peale asetatakse betoonkrae mõõtmetega 400x400x100 mm. Märgil 5001 on vaja paigaldada peale metallist plaat mõõtudega 250x250x6 mm, plaati on puuritud 10 mm diameetriga auk. Välisvormistuseks on veel kupits ja tunnuspost. Märgil 5030 paigaldatakse malmist katteluuk, mille pealispind on maapinnaga tasa ja kõrvale paigutatakse võimalusel tunnuspost.

Ajutine märgitüüp on roostevabast metallist märk, pikkusega 75 mm ja läbimõõduga 9 mm. Märgi ülemise osa läbimõõt on 25 mm ja kumera osa ehk tsentri diameeter on 10 mm (Lisa 15). Ülemisele osale on ka märgitud tekst „MESSPUNKT“ .

3.9.1 Märkide välisvormistus

Kõikidele punktidele mis ei asu kompaktse hoonestusega alal ja kus on vaba ruum 5x5 m tuleb kaevata täismõõtmetes kupits, mille mõõtmed on välja toodud kohaliku plaanilise geodeetilise põhivõrgu rekonstrueerimise ja rajamise juhendis. Tsenter ümbritsetakse ruudukujulise kupitsaga, mille siseserva pikkus on 3 m, sügavus 0,4 m, põhjalaius

vähemalt 0,2 m ja pealtlaius vähemalt 0,5 m. Kupits ja selle ümbrus 1 meetri ulatuses peab olema võsast puhastatud. Kupits orienteeritakse lähemal kui 50 m kaugusel oleva tee või kraaviga paraleelselt, kui see pole võimalik siis ilmakaarte järgi.

Tunnuspostidena kasutatakse 1,2 – 1,8 m pikkuseid raudbetoonposte ristlõikega 90...150 × 120...150 mm. Postid asetsevad kupitsa tsentrist 1 m kaugusele ja asetseb maas vähemalt 0,6 m sügavusel, ankurdatud armatuurvardaga. Posti külge kinnitatakse silt “Eesti Vabariigi kaitse all olev geodeetiline punkt” ja lisatakse punkti number (Lisa 16).

3.10 Torma aleviku kohaliku geodeetilise võrgu tööde ajakava ja mahud

Torma aleviku kohaliku geodeetilise põhivõrgu rekonstrueerimine jätkuks maastikul peale projekti koostamist. Esimesena tuleks maastikule rajada 26 projekteeritud uut geodeetilist punkti. 1. järgu punkte tuleks projekti alusel maastikule rajada kaks (2) ja 2. järgu punkte mis tuleks maastikule paigaldada on 24. Paigaldustööd saaksid alguse 01.05.2019 ja kestaksid kuni 01.08.2019. Uues geodeetilisest võrgus saaks kasutada olemasolevatest punktidest kolme (3), mis vajaksid kergemaid remonditöid. Tööd viiak läbi ajavahemikul 01.05.2019 kuni 01.08.2019.

Torma aleviku kohaliku geodeetilise põhivõrgu mõõtmised saaksid alguse 2020. aastal. Alustatakse 1. järgu mõõtmistega, punkte Torma alevikus on kaheksa (8) ja tööd toimuksid ajavahemikul 06.04. 2020 – 17.04.2020. Järgneksid polügonomeetria käikude mõõtmised, võrgus oleks kolm (3) polügooni ja käikude kogu pikkus oleks 9,4 km. Tööd polügonomeetria käikude mõõtmiseks oleks planeeritud ajavahemikul 20.04.2020 kuni 24.04.2020. Kõrguslikele lähtepunktidele kõrguse saamiseks teostatakse geomeetriline nivelleerimine, Torma alevikus oleks kaks lõiku niveleerida 2,9 km ulatuses. Tööd teostataks ajavahemikul 27.04.2020 kuni 01.05.2020.

KOKKUVÕTE

Uurimistöö eesmärk oli välja selgitada rekonstrueerimata kohaliku geodeetilise põhivõrgu 3. järgu punktide olukord, hinnata võrgu rekonstrueerimise vajadust ning koostada geodeetilise põhivõrgu rekonstrueerimise projekt Torma asula näitel. Eesmärgi saavutamiseks teostati erinevaid uurimisülesandeid, alustades Torma alevi kohaliku geodeetilise põhivõrgu punktide ülevaatuses, seejärel planeeriti uute 1. järgu ja 2. järgu punktide asukohad ja polügonomeetria- ja nivelleerimiskäigud.

Teoreetilises osas defineeritakse geodeetilise süsteemi ja –võrkude mõisteid ning kirjeldatakse Eestis kehtinud koordinaatide süsteeme. Samuti antakse ülevaade kohalike geodeetiliste võrkude kujunemise ajaloost ja arengust alates Eesti taasiseseisvumisest. Teises osas kirjeldati kohaliku geodeetilise põhivõrgu ülesehitust ja täpsusklasse, anti ülevaade rekonstrueerimise meetodikast. Samuti annab see ülevaade geodeetilistest märkidest ja välisvormistusest ning selgitab tehnilise projekti koostamise aluseid.

Töö kolmandas, empiirilises osas anti ülevaade Torma asulast ning selle kohaliku geodeetilise võrgu ajaloost ja arengust. Torma asula geodeetilise põhivõrgu rekonstrueerimise tehnilise projekti koostamiseks viis autor läbi võrgu täieliku ülevaate, mille tulemusena on koostatud ülevaate koondtabel, mis kajastab endas märkide seisukorda ja vajalike remonditöid. Ülevaate tulemuste põhjal koostati ülevaate koondskeem. Märkide visuaalse ülevaate käigus vaadati üle 64 märki, millest selgus, et kasutuskõlblike märke on 23%, rikutud 8%, hävinenud 56% ning leidmata jäi 13% märkidest. Torma valla kohaliku geodeetilise võrgu seisundit võib hinnata kesiseks, kuna arvestades seda, et 64-st punktist on võimalik kasutada vaid 20 punkti ja sellest 5 vajaksid remonditöid.

Uue kohaliku geodeetilise põhivõrgu projekteerimiseks on kasutatud 13 olemasolevat punkti ning projekteeritud on rajada 26 uut geodeetilist punkti. Torma alevi geodeetilise põhivõrgu rekonstrueerimise projekt näeb ette polügonomeetriakäikude mõõtmist 9,4 km ulatuses ja mõõtmisteks kasutatakse Trimble S9 elektrontahhümeetrit. III klassi nivelleerimist Torma alevikus on 2,9 km ulatuses ja kasutatakse Trimble DiNi 12 nivelliiri.

Koostatud tehnilist projekti on võimalik kasutada Maa-ametil või kohalikul omavalitsusel Torma valla geodeetilise põhivõrgu märkide remonttööde tegemiseks ja võrgu rekonstrueerimiseks.

KASUTATUD ALLIKAD

Eesti Entsüklopeedia. (s.a) Polügonomeetria. [veebileht] <http://entsyklopeedia.ee/artikkel/polugonomeetria1> (19.04.2018)

Eesti geodeetiline süsteem (2005). [https://www.ria.ee/public/Avaliku teabe s. seminar 23.1.2008/Kokkuv te Geodeetiline s steem. pdf](https://www.ria.ee/public/Avaliku_teabe_s_seminar_23.1.2008/Kokkuv_te_Geodeetiline_s_steem.pdf) (09.05.2018).

Geodeetiline süsteem. (vastu võetud 26.10.2011 nr 64, viimati jõustunud 31.10.2011). – *Riigi Teataja* <https://www.riigiteataja.ee/akt/128102011003> (18.06.2017).

Geodeetiliste tööde tegemise ja geodeetilise märgi tähistamise kord, geodeetilise märgi kaitsevööndi ulatus ning kaitsevööndis tegutsemiseks loa taotlemise kord. (Vastu võetud 28.06.2013 nr 50, viimati jõustunud 06.07.2013). – *Riigi Teataja* <https://www.riigiteataja.ee/akt/103072013014> (26.06.2017).

Geosoft. (s.a). Trimble S9. [veebileht] <http://www.geosoft.ee/tooted/trimble-s9> (11.05.2018)

Jõgeva vald. (s.a). Tutvustus. [veebileht] http://jõgeva.ee/tutvustus/-/asset_publisher/yXbv6mZqzWCZ/content/jogeva-vald?redirect=http%3A%2F%2Fxn--jgeva-dua.ee%2Ftutvustus%3Fp_p_id%3D101_INSTANCE_yXbv6mZqzWCZ%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_mode%3Dview%26p_p_col_id%3Dcolumn-2%26p_p_col_count%3D1 (10.05.2018)

Leica Geosystems. (s.a). Leica AR20 GNSS Antenna. [veebileht] <https://leica-geosystems.com/products/gnss-reference-networks/antennas/leica-ar20> (11.05.2018)

Leica Geosystems. (s.a). Leica GR50 & GR30 GNSS Reference Server. [veebileht] <https://leica-geosystems.com/products/gnss-reference-networks/receivers/leica-gr50-and-gr30> (11.05.2018)

Maa-amet geoportaal. (s.a). Eesti geodeetiline süsteem. [veebileht] <https://geoportaal.maaamet.ee/est/Andmed-ja-kaardid/Geodeetilised-andmed/Eesti-geodeetiline-susteem-p223.html> (19.04.2018)

Maa-ameti geoportaal. (s.a). Kohalik geodeetiline võrk. [veebileht] <http://geoportaal.maaamet.ee/est/Andmed-ja-kaardid/Geodeetilised-andmed/Geodeetilised-vorgud/Kohalik-geodeetiline-vork-p284.html> (01.07.2017)

Randjärv, J. (2002). Geodeesia IV osa: Kohalik geodeetiline põhivõrk. Põltsamaa: OÜ Vali Press. 243 lk.

Randjärv, J. (2006). Geodeesia I osa 1. raamat: Topograafia. Põltsamaa: OÜ Vali Press. 226 lk. Ruumiandmete seadus. (vastu võetud 17.02.2011, viimati jõustunud 10.03.2011). – *Riigi Teataja* <https://www.riigiteataja.ee/akt/110032017002> (18.06.2017).

Rüdja, J., Sander, J. (2013) Globaalne asukoha määramine. Tallinn: SA Innove. [*on-line*] DIGAR (18.04.2018).

Torim, A (1994). I, II ja III klassi nivelleerimise eeskiri. Tartu: AS PAAR. 71lk.

Torma valla arengukava 2015-2023 kinnitamine Lisa 1. (vastu võetud 07.10.2016, viimati jõustunud 01.01.2017). – *Riigi Teataja* <https://www.riigiteataja.ee/akt/426092014001>) (12.11.2017).

LISAD

Lisa 1. Kohaliku plaanilise geodeetilise põhivõrg rekonstrueerimise ja rajamise juhend

Maa-ameti riigihanke
“Asulate plaaniliste geodeetiliste põhivõrkude rekonstrueerimine ja rajamine”
Lisa 1

KOHALIKU PLAANILISE GEODEETILISE PÕHIVÕRGU REKONSTRUEERIMISE JA RAJAMISE JUHEND

Kohaliku põhivõrgu rekonstrueerimise ja rajamise üldkontseptsioon.

2001.a. lõpetatakse Eesti mandriosas ja Lääne-Eesti saartel riigi tihendusvõrgu rajamine mille tulemusel realiseeritakse riigi ristkoordinaatide süsteem L-EST97 hajaasustusega aladel. Võrgu edasine tihendamine toimub vastavalt vajadustele mõõdistamisvõrgu rajamisega avalik-õiguslike või eraõiguslike institutsioonide finantseerimisel.

Võrkude uuendamise järgmiseks etapiks on asulate kohalike võrkude rekonstrueerimine ja rajamine. Riiklike vahenditega rekonstrueeritakse või rajatakse asulate geodeetilised põhivõrgud. Vajadusel tihendatakse kohalikku põhivõrku mõõdistamisvõrguga kohalike omavalitsuste või eraõiguslike institutsioonide finantseerimisel.

1. ÜLDSÄTTED

1.1 Käesolev juhend määrab üldised tehnilised põhinõuded kohaliku geodeetilise põhivõrgu (edaspidi – kohalik põhivõrk) rajamiseks või rekonstrueerimiseks hoonestatud aladel (asulates).

1.2 Kohaliku põhivõrgu rajamise või rekonstrueerimise eesmärgiks on kindlustada geodeetiliste tööde tegemine ühtses riiklikus koordinaatide süsteemis L-EST97 asula territooriumil.

1.3 Kohalik põhivõrk rajatakse või rekonstrueeritakse arvestusega, et edasine võrgu tihendamine toimub mõõdistamisvõrguga.

1.4 Kohaliku põhivõrgu punktidele määratakse koordinaadid L-EST97 koordinaatide süsteemis ja 1977.a. Balti Kõrguste Süsteemi (BK77) kõrgused.

2. KOHALIKU PÕHIVÕRGU ÜLESEHITUS JA TÄPSUS

2.1 Kohalik põhivõrk jaguneb järkudesse alljärgnevalt:

1. järk – kohaliku põhivõrgu lähtepunktid, põhivõrgu punkti plaanilise asendi keskmine ruutviga ± 1 cm.
2. järk – põhivõrgu punkti plaanilise asendi keskmine ruutviga ± 2 cm.
3. järk - L-EST97 koordinaatide süsteemi transformeeritud olemasoleva geodeetilise põhivõrgu säilinud punktid.

4. järk - 1, 2 ja 3 järgu võrgu punktidele tuginev mõõdistamisvõrk, mis peab tagama suuremõõtkavalise topograafilise mõõdistamise graafilise täpsuse $\pm 0,2$ mm.

2.2 Kohaliku põhivõrgu lähtepunktideks võivad olla riigi geodeetilise põhivõrgu I ja II klassi ning tihendusvõrgu punktid.

2.3 Lähtepunktide paiknemise keskmiseks tiheduseks peab olema kaks (2) punkti (üks punktipaar) asula kuue (6) ruutkilomeetri kohta kuid mitte vähem kui kolm (3) punktipaari. Lähtepunktid peavad paiknema ühtlaselt asula lähiümbruses. Juhul kui asula territoorium on suurem kui 10 km² peavad lähtepunktid paiknema ka asula territooriumil.

2.4 Lähtepunktid tuleb rajada paarispunktidenä kusjuures paarispunktide omavaheline kaugus peab reeglina olema 300 – 500 m. Asula territooriumil kus ei ole võimalik tagada GNSS mõõtmisteks sobivat horisonti võib lähtepunktid rajada üksikpunktidenä.

2.5 Juhul kui p.2.3 eelnevatel aastatel asetatud lähtepunkte ei ole piisavalt, tuleb määrata täiendavad lähtepunktid. Täiendavate lähtepunktide koordinaadid tuleb määrata GNSS mõõtmistega. Mõõtmistel tuleb lähtepunktidenä kasutada riigi geodeetilise põhivõrgu I ja II klassi ning tihendusvõrgu punkte lähtuvalt nende kaugusest kohalikust võrgust. Uute lähtepunktide mõõtmised tuleb projekteerida selliselt, et määratavad punktid oleksid kaasatud ühtsesse võrku. Erinevatest tasandustest saadud lähtepunktide koordinaatide kasutamine on keelatud.

2.6 GNSS mõõtmiste metoodika lähtepunktide koordinaatide määramisel peab tagama 1. järgule vastava täpsuse.

2.7 Lähtuvalt geodeetiliste põhivõrkude hierharhilise ülesehituse põhimõtteist võetakse uute lähtepunktide määramisel aluseks (lähteks) riigi geodeetilise põhivõrgu I ja II klassi ning tihendusvõrgu punktide koordinaadid mis loetakse veatuteks.

2.8 GNSS mõõtmistel tuleb arvestada alljärgneva:

a) Vähendamaks GNSS signaalide peegeldumist ümbritsevast keskkonnast (multipath, scattering) tuleb GNSS mõõtmistel kasutatada *choke ring* tüüpi põhjaplaadiga (ground plane) GNSS antenne või teisi vähemalt samade peegeldumist vähendavate omadustega antenne. Mõõtmistel kasutatavad GNSS antennid peavad olema ühetüübilised, s.o. antennide faasitsentrite muutus peab olema identne.

b) GNSS mõõtmistel tuleb eranditult kasutada kahesageduslikke GNSS vastuvõtjaid. GNSS vastuvõtjad peavad võimaldama mõlemal sagedusel (L1 ja L2) täistsükli (whole cycles) kasutamist.

c) GNSS mõõtmisessioonide pikkuseks peab olema minimaalselt 90 minutit, kasutada tuleb eranditult staatilist mõõtmismeetodit.

d) GNSS mõõtmised tuleb projekteerida selliselt, et võrku kuuluksid vaid nn. mittetriviaalsed vektorid. Mittetriviaalsetest vektoritest võrk peab moodustama lausvõrgu (vektoritest moodustatud kujundiks on kolmnurgad).

e) Mõõdetud vektoritest koosnev võrk tuleb tasandada vähimruutude meetodil. Kasutatav tarkvara peab võimaldama otsest tulemuste täpsushinnangu võrdlust nõuetega (peab olema antud koordinaatide täpsushinnang).

2.9 Lähtuvalt geodeetiliste põhivõrkude hierarhilise ülesehituse põhimõttest võetakse kohaliku põhivõrgu madalamate järkude koordinaatide määramisel aluseks (lähteks) lähtepunktide koordinaadid mis loetakse veatuteks.

2.10 Kohaliku põhivõrgu edasine tihendamine p.2.2 ja p.2.3 kohaselt rajatud lähtepunktide vahele toimub polügonomeetria meetodil.

2.11 Kohaliku põhivõrgu kindlustatud punktide arvestuslikuks tiheduseks on minimaalselt 8 punkti ühe ruutkilomeetri kohta. Igalt kohaliku põhivõrgu punktilt peab olema nähtavus vähemalt ühele naaberpunktile, punktide paiknemise tihedus peab olema ühtlasne kogu asula territooriumil. Asula territooriumil paiknevad lähtepunkte arvestatakse punktide tiheduse arvutamisel.

2.12 Polügonomeetriakäigud tuleb projekteerida ja mõõta selliselt, et moodustuksid käikude süsteemid.

2.13 Olemasoleva võrgu renoveerimisel tuleb polügonomeetriakäigud projekteerida ja mõõta lisaks P 2.13 toodud nõudele selliselt, et võrku saaks kaasatud võimalikult palju rekonstrueeritava võrgu säilinud punkte (v.t. ka käesoleva juhendi P 3 nõudeid).

2.14 Polügonomeetriakäikude mõõtmisel tuleb kasutada elektontahhümeetreid järgmise spetsifikatsiooniga:

nurga mõõtmise täpsus	$\geq \pm 1.5''$
kauguse mõõtmise täpsus	$\geq \pm (2 \text{ mm} + 2 \text{ ppm} \times D \text{ km})$

2.15 Suunad polügonomeetriakäigus tuleb mõõta kolme täisvõttega.

2.16 Vahemaad polügonomeetriakäikudes tuleb mõõta iga poolvõtte mõõtmise käigus. Valguskaugusmõõturid tuleb kalibreerida enne ja pärast välitöid. Vahemaade mõõtmise käigus tuleb mõõta õhutemperatuur ja õhurõhk. Kasutatud termo- ja baromeetrid tuleb kalibreerida enne ja pärast välitöid.

2.17 Mõõdetud polügonomeetriakäigud tuleb tasandada vähimruutude meetodil. Kasutatav tarkvara peab võimaldama otsest tulemuste täpsushinnangu võrdlust nõuetega (antud peab olema koordinaatide täpsushinnang) ning võimaldama käikude süsteemide (võrgu) tasandamist. Polügonomeetriakäikude süsteemi tasandamine üksikäikudena ei ole lubatud.

2.18 Asula piirides olevate kõrgehitiste (kirikutornid, raadio- ja sidemastid, jt. mille tipud on üheselt määratletavad) tippude koordinaadid tuleb määrata mitmekordsete otselõigetega täpsusega $\pm 3 \text{ cm}$.

2.19 Kohaliku põhivõrgu punktidele määratakse BK77 kõrguste süsteemi kõrgused polügonometria mõõtmistega samaaegselt toimuva trigonomeetrilise nivelleerimisega. Lubatud on kasutada ka geomeetrilist nivelleerimist. Nivelleerimiskäigu või polügooni sulgemisviga ei tohi ületada $\pm 5\sqrt{n} \text{ [mm]}$ või $\pm 20\sqrt{L} \text{ [mm]}$, kus n on seisupunktide arv käigus ja L on käigu pikkus kilomeetrites.

2.20 Polügonomeetria kõrguslikeks lähtepunktideks peavad olema kõrgusvõrgu reeperid, nende arv sõltub asula suurusest, võrgu konfiguratsioonist ja ülesehitusest. Minimaalseks lähtereeperite arvuks on neli (4).

2.21 Kõigile uutest mõõtmistest välja jäänud eelmise kohaliku koordinaatide süsteemi säilinud punktidele tuleb arvutada L-EST97 süsteemi koordinaadid transformeerimise teel.

3. KASUTATAVAD TSENTRITE TÜÜBID

Kohaliku põhivõrgu tsentrid on pinnasetsentrid ja tsentrid hoonetel. Eelnenud aastatel asetatud geodeetiliste punktide tsentreid võib kasutada juhul kui on tagatud tsentreerimise täpsus ± 1 mm ning nende stabiilsus vastab vähemalt käesolevas tehilises juhendis kirjeldatud tsentritüüpide omale.

Rajatavad geodeetilised punktid kindlustatakse looduses pinnasetsentriga Tüüp 5001, mille ülemise otsa kohale asetatakse betoonkrae ja krae ava kaetakse plaadiga.

3.1 Tsentrivarras

Tsentrivarras valmistatakse 25 mm ristlõikega ümarrauast, tsentrivarda pikkus on 1700 mm. Tsentrivarda alumise otsa külge keevitatakse rist 12 mm ristlõikega 60 mm pikkusest sarrusrauast. Tsentrivarras kaetakse terves ulatuses epoksüüdvärviga “EPITAR”.

3.2 Tsentrimärk

Tsentrimärgiks on tsentrivarda ülemine kumera kujuga ots, tsenter on tähistatud 2 mm auguga.

3.3 Numbriketas

Tsentri numbrikettale kantakse reljeefselt tsentri number ning tähed EV. Malmist numbriketas kinnitatakse betoonkrae külge, numbriketas kaetakse enne betoneerimist epoksüüdvärviga “EPITAR”.

3.4 Ankur

Ankruna kasutatakse 500 mm pikkust ning 60 – 100 mm läbimõõduga plasttoru, mis täidetuna betooniga (mark 400) fikseerub varda külge keevitatud sarrusrauast ristile. Betoonisegu tuleb peale plasttorusse valamist vibreerimisega tihendada.

3.5 Betoonkrae

Betoonkrae mõõtmetega 400×400×100 mm valmistatakse betoonist (mark 400). Betoonisegu tuleb peale vormi valamist vibreerimisega tihendada. Betoonkrae kaetakse metallist plaadiga mõõdus 250×250×6 mm. Plaat värvitakse epoksüüdvärviga “EPITAR”. Plaati puuritakse 10 mm läbimõõduga avaused.

3.6 Tsenter valmistatakse statsionaarsetes tingimustes ja asetatakse valmispuuritud auku märgi asukohas. Tsentrivarras asetatakse nii, et ülemine ots jääks vähemalt 50 mm alla-poole maapinda, pinnas tsentrivarda ümber tihendatakse.

3.7 Aluspõhja kõvade settekivimite läheduses betoneeritakse fiksaatorraudadega tsentrivarras aluspõhja puuritud vähemalt 200 mm sügavusse auku.

3.8 Kompaktse hoonestusega aladel, kus ei ole võimalik kupitsat teha ja tunnuskraavi kaevata (näiteks haljasaladel) asetatakse tsentri kohale malmist kattekaan (Tüüp 5030).

3.9 Asulate lähtepunkte võib kindlustada tsentritega Tüüp 5001 ja 5030.

3.10 Kompaktse hoonestusega aladel, juhul kui pole võimalik asetada tsentreid Tüüp 5001 ja 5030, võib kasutada tsentrit Tüüp 4651, 4652, 4611 või mõnda teist tsentritüüpi, mille kirjeldus või joonised esitatakse projektis. Antud tsentritüüpide sobivust hindab tellija projekti kooskõlastamise etapis. Seinamärkide kasutamine ei ole lubatud.

4. GEODEETILISTE MÄRKIDE VÄLISVORMISTUS

4.1 KUPITS

4.1.1 Kõikidele punktidele kus selleks on vaba ruum 5×5 m kaevatakse täismõõtmetes kupits.

4.1.2 Tsenter ümbritsetakse ruudukujulise kupitsaga, mille tunnuskraavi mõõtmed on järgmised:

siseserva pikkus	3,0 m
sügavus	0,4 m
põhjalaius vähemalt	0,2 m
pealtlaius vähemalt (sõltub nõlva pinnasest)	0,5 m

4.1.3 Kui varempaigaldatud märgi väliskujundus on hästi säilinud (näiteks kolmnurkne kupits, tunnuskraav), tuleb vana väliskujundus taastada.

4.1.4 Kupits ja 1 m laiune riba väljaspool tunnuskraavi peab olema võsast puhastatud.

4.1.5 Ruudukujulise kupitsa küljed orienteeritakse üldjuhul ilmakaarte suunas. Kupits orienteeritakse lähemal kui 50 m kaugusel oleva teega paralleelselt, samuti kraavide, piirete, jms. ääres.

4.1.6 Geodeetiliste märkide välisvormistus kompaktse hoonestusega aladel, kus ei ole võimalik kupitsat teha ja tunnuskraavi kaevata (näiteks haljasaladel) võib kupitsa tegemata jätta. Niisugusel juhul tuleb asetada tsentri kohale malmist katteluuk.

4.2 TUNNUSPOST

4.2.1 Tunnuspost paigutatakse kupitsa tsentrist 1 m kaugusele (üldjuhul põhjapoolsesse külge sildiga tsentri poole).

4.2.2 Tunnuspost peab olema asetatud maasse (täidet arvestamata) vähemalt 0,6 m sügavusele ja ankurdatud armatuurvardaga.

4.2.3 Tunnuspostiks kasutatakse 1,2...1,8 m pikkuseid raudbetoonposte ristlõikega 90...150 × 120...150 mm. Posti külge kinnitatakse mitteroostetav silt “Eesti Vabariigi kaitse all olev geodeetiline punkt”.

4.2.4 Tunnuspostile kirjutatakse punkti number. Numbrit kõrgus on 50 mm. Punkti number kirjutatakse šablooniga sildi poolt vaadatuna posti paremale küljele.

4.2.5 Juhul kui on säilinud plaanilise põhivõrgu märgi pealisehitise (puidust või metallist püramiid või signaal), tuleb pealisehitise eemaldamise või edasise kasutamise küsimus lahendada põhivõrgu rekonstrueerimise projektis.

5. KOHALIKU PÕHIVÕRGU RAJAMISE TEHNILINE PROJEKT

5.1 Kohaliku põhivõrgu rajamise tehniline projekt tuleb koostada käesolevate tehniliste nõuete kohaselt.

5.2 Tehnilise projektiga haaratava maa-ala ulatus tuleb kooskõlastada omavalitsusega.

5.3 Tehnilisele projektile eelnevalt tuleb teha asula olemasoleva kohaliku põhivõrgu täielik ülevaatus.


5.4 Ülevaatus põhjal tuleb koostada kohaliku põhivõrgu rajamise tehniline projekt. Projekt peab sisaldama:


5.4.1 objekti üldiseloomustust;


5.4.2 ülevaadet eelnenud aastatel rajatud geodeetilistest põhivõrkudest (tööde loetelu, tegija, aasta, aruannete ja kataloogide asukoht, inv. nr-d) ja vastavaid skeeme;


5.4.3 märkide ülevaatus tulemusi alljärgnevas koosseisus:


- seletuskiri (märkide hävimise %, remondi maht, märkide tüübid, jms.);
- ülevaatus koondtabel vastavalt Tabelis 1 toodud näidisele;
- ülevaatus koondskeem. Koondskeemil peavad olema kujutatud polügonomeetria ja/või teodoliitkäigud ning võrgu punktid. Ülevaatus tulemused tuleb tähistada järgmiste leppemärkidega:

 - GNSS mõõtmisteks sobiv punkt

 - säilinud

 - rikutud

 - hävinud

 - leidmata

5.4.4 GNSS mõõtmisteks sobilike märkide loetelu koos märkide ümbruse panoraamidega vastavalt näidisele. Panoraamile kantakse takistuse seniitkaugus ja asimuut täpsusega $\pm 1^\circ$. Juhul kui takistus paikneb märgile lähemal kui 30 m kantakse panoraamile ka kaugus lähima takistuseni. Panoraamid tuleb koostada digitaalselt:

5.4.5 kõrgehitiste (kirikutornid, raadio- ja sidemastid, jt.) loetelu, mille tippude koordinaadid määratakse mitmekordse otselõikega;

5.4.6 transformeerimisparameetrite arvutamiseks kasutatavate punktide loetelu. Taoliste punktide arv tuleb valida sõltuvalt asula suuruselt, võrgu konfiguratsioonist ja ülesehitusest. Samas peab punkte olema vähemalt 6 ning nad peavad objektile paiknema ühtlaselt. Juhul kui eelnenud aastatel rajatud võrk koosneb osadest mis ei moodusta homo-

geenset tervikut, peab transformeerimiseks vajalikke punkte olema piisavalt igas võrgu osas.

5.4.7 projekteeritud kohaliku põhivõrgu skeemi. Skeemil peavad olema märgitud:

- lähtepunktid;
- uued punktid (kindlustatud ja ajutised);
- võrku kaasatud olemasolevad punktid;
- polügonomeetriakäigud;
- kõrgehitised (kirikutornid, raadio-ja sidemastid);
- transformeerimisparameetrite arvutamiseks kasutatavad punktid.

5.4.8 kohaliku põhivõrgu mõõtmise metoodika kirjeldust ja kasutatavate instrumentide loetelu;

5.4.9 nivelleerimiskäikude skeemi (s.h. lähtereeperite paiknemist), kasutatavate instrumentide loetelu ja mõõtmiste metoodikat;

5.4.10 asetatavate tsentrite kirjeldusi ja jooniseid;

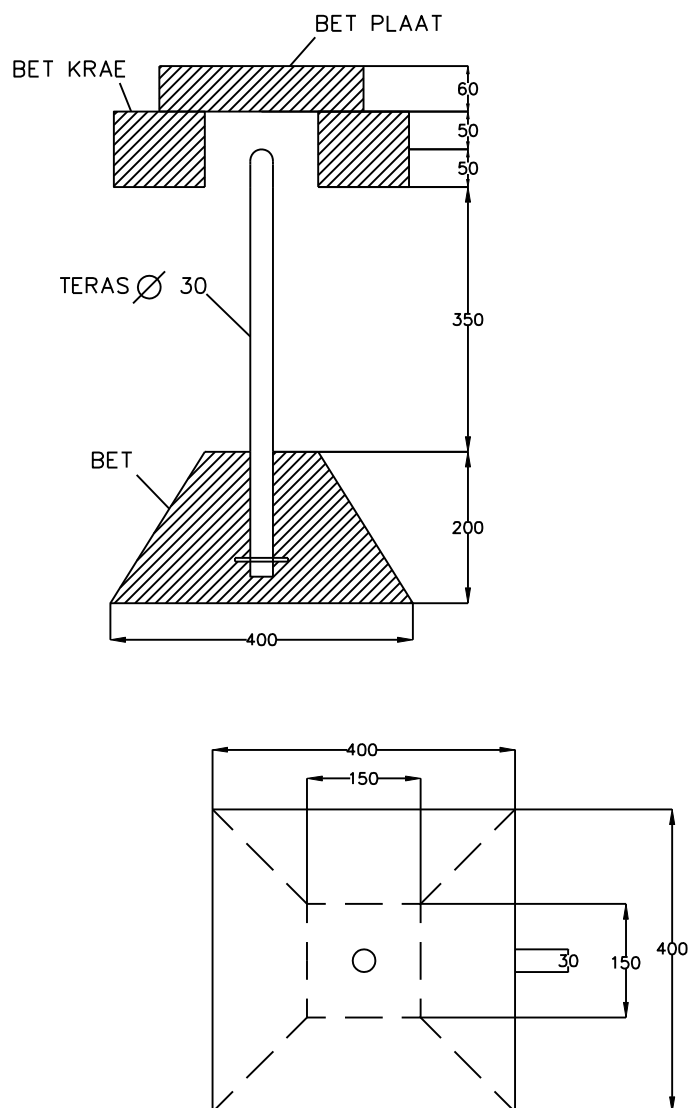
5.4.11 tööde ajakava ja mahtu.

5.5 Punktide nummerdamisel tuleb vältida samade numbrite kordumist ühe asula piires. Kohaliku põhivõrgu punktidele nime andmine toimub ainult erandjuhtudel.

5.6 Tehniline projekt tuleb koostööstada enne välitööde algust Maa-ametiga.

5.7 Esitatud projekti hilisemate muudatuste tegemine koostööstatakse Maa-ametiga. Mõõtmiste käigus esile kerkinud projektist kõrvalekaldeid põhjendatakse tööde seletuskirjas

Lisa 2. Polügonomeetria märk 6

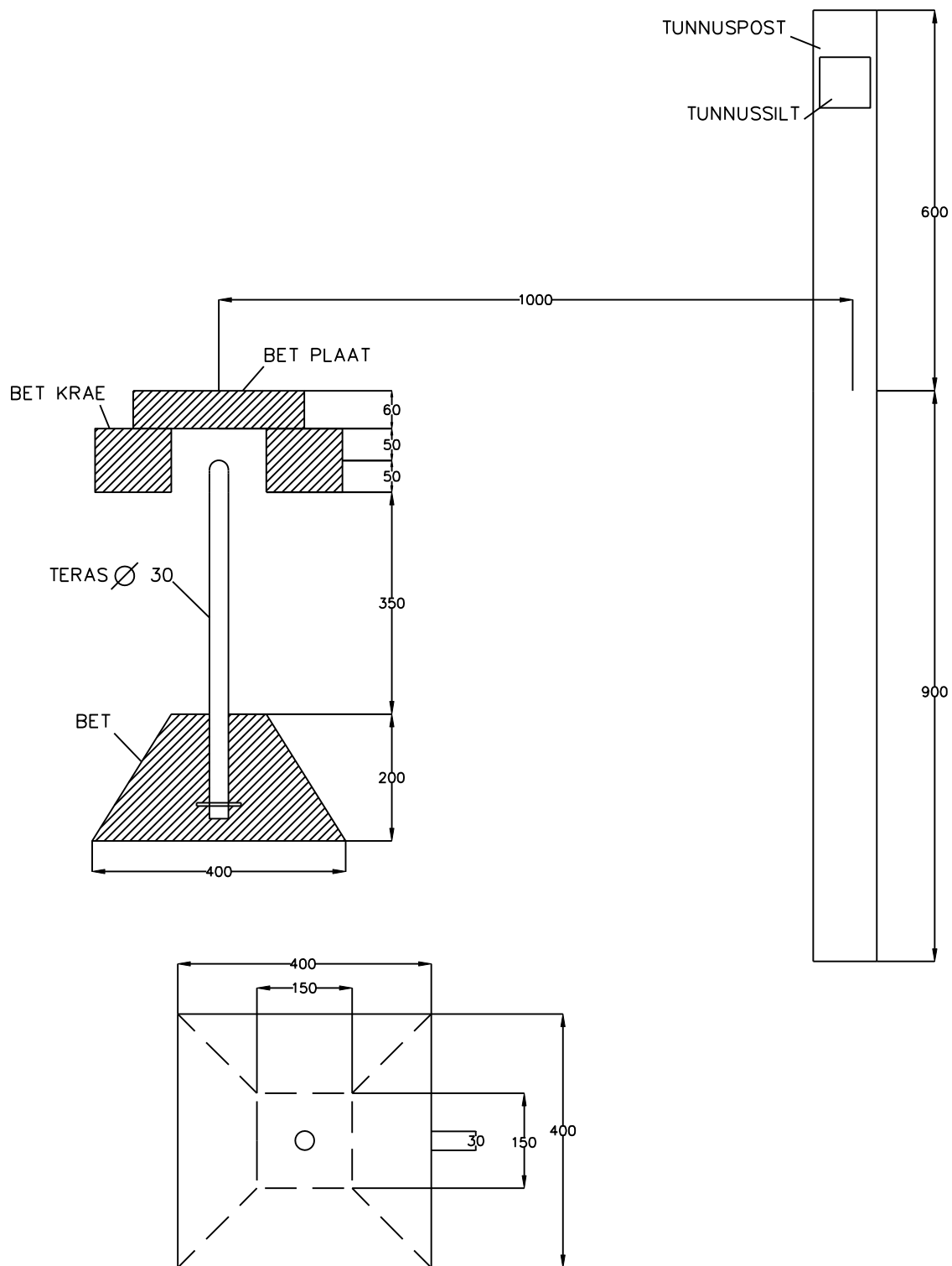


Metsandus- ja
maaehitusinstituut

Torma aleviku kohalik geodeetiline põhivõrk

2018	Nimi	Allikiri	Nimetus:			
Juhendaja	Tarmo Kall		46	Polügonomeetria märk 6		
Koostaja	Helar Kuuler		Mõõtkava: 1:10	Lehti: 1	Lehti: 1	Kuupäev: 02.05.2018

Lisa 3. Polügonomeetria märk 6A



Metsandus- ja
maehitusinstituut

Torma aleviku kohalik geodeetiline põhivõrk

2018	Nimi	Allikiri	Nimetus:			
Juhendaja	Tarmo Kall		48 Polügonomeetria märk 6A			
Koostaja	Helar Kuuler		Mõõtkava: 1:10	Lehti: 1	Lehti: 1	Kuupäev: 02.05.2018

Lisa 4. Ülevaatus tabelid

Jrk nr	Märgi nr või nimetus	Märgi seisukord				Vajalikud remonditööd					Avatus GNSS mõõtmiseks	Märkused
		Korras	Rikunud	Leidmata	Hävinenud	Asetada katteluuk	Tõsta katteluuk	Asetada tunnuspost	Panna krae	Teha kupits		
1	1	*						*			Avatus on olemas	
2	2	*						*			Avatus on olemas	
3	3				*						-	Hävinud
4	2457	*						*			Avatus on olemas	
5	5				*						-	Hävinud
6	6		*			*		*	*		Avatus on olemas	
7	7				*						-	Hävinud
8	8		*			*		*	*		Avatus on olemas	
9	9		*			*	*	*			Avatus on olemas	
10	10		*			*					Avatus on olemas	
11	11	*						*			Avatus on olemas	
12	12			*							-	Vee all
13	13		*			*	*	*			Avatus on olemas	
14	15			*							-	Vee all
15	16	*						*			Avatus on olemas	
16	17	*						*			Avatus on olemas	
17	18				*						-	Hävinud
18	19	*						*			Avatus on olemas	
19	20	*						*			Avatust ei ole	Võsa sees
20	21	*						*			Avatus on olemas	

Jrk nr	Märgi nr või nimetus	Märgi seisukord				Vajalikud remonditööd					Avatus GNSS mõõtmiseks	Märkused
		Korras	Rikunud	Leidmata	Hävinenud	Asetada katteluuk	Tõsta katteluuk	Asetada tunnuspost	Panna krae	Teha kupits		
21	24				*						-	Hävinud
22	25				*						-	Hävinud
23	26				*						-	Hävinud
24	27			*							-	Tee all
25	28				*						-	Hävinud
26	29	*						*			Avatus on olemas	Kivi peal
27	44				*						-	
28	45				*						-	Auk tühi
29	46	*						*			Avatus on olemas	
30	49				*						-	Hävinud
31	50				*						-	Hävinud
32	51				*						-	Hävinud
33	52				*						-	Hävinud
34	53				*						-	Hävinud
35	54				*						-	Hävinud
36	55			*							-	Tee all
37	58				*						-	Hävinud
38	62	*						*			Avatus on olemas	
39	63	*						*			Avatus on olemas	
40	64				*						-	
41	43	*						*			Avatus on olemas	
42	47			*							-	Põllul vee all
43	39			*							-	Elektriposti all
44	38	*						*			Avatus on olemas	

Jrk nr	Märgi nr või nimetus	Märgi seisukord				Vajalikud remonditööd					Avatus GNSS mõõtmiseks	Märkused
		Korras	Rikudud	Leidmata	Hävinenud	Asetada katteluuk	Tõsta katteluuk	Asetada tunnuspost	Panna krae	Teha kupits		
45	40			*							-	Ehitusprahi all
46	41				*						-	
47	42			*							-	Hoone all
48	56				*						-	
49	59				*						-	
50	60				*						-	
51	48				*						-	
52	57				*						-	
53	30				*						-	
54	31				*						-	
55	32				*						-	
56	33				*						-	
57	34				*						-	
58	35				*						-	
59	36				*						-	
60	37				*						-	
61	14				*						-	
62	22				*						-	
63	23				*						-	
64	61				*						-	
	Kokku	15	5	8	36	5	2	19	2	0		

Lisa 5. Ülevaatused pildid



Geodeetiline punkt nr 1



Geodeetiline punkt nr 9



Geodeetiline punkt nr 11



Geodeetiline punkt nr 17

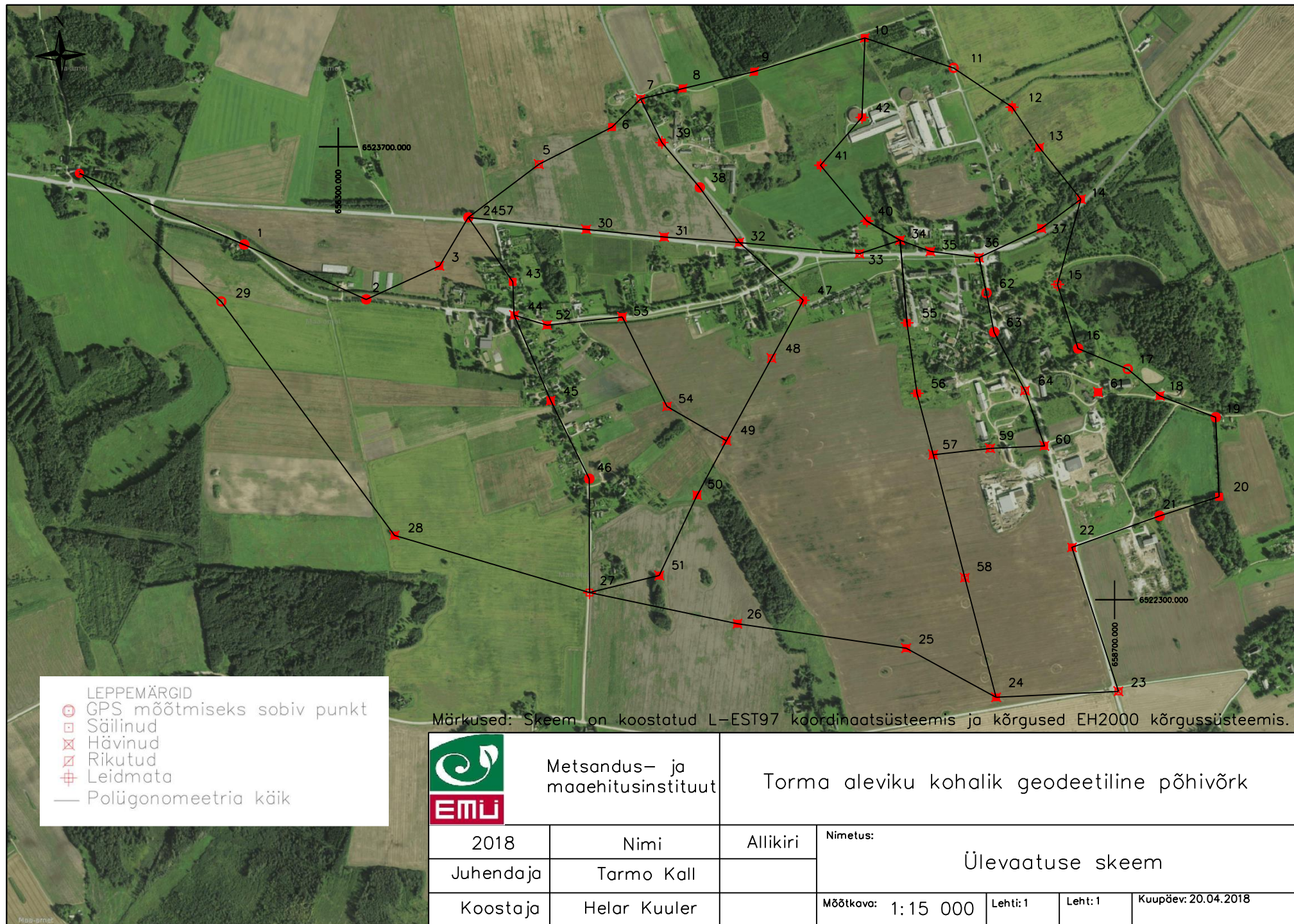


Geodeetiline punkt nr 62



Geodeetiline punkt nr 2457

Lisa 6. Ülevaatus skeem



Lisa 7. Pildid reeperitest



Reeper nr 51



Reeper 8281



Reeper nr 8299

Lisa 8. Torma aleviku administratiivpiir ja tööpiir



Märkused: Skeem on koostatud L-EST97 koordinaatsüsteemis ja kõrgused EH2000 kõrgussüsteemis.

LEPPEMÄRGID

- Tööpiirkond
- Administratiivpiir



Metsandus- ja
maaehitusinstituut

Torma aleviku kohalik geodeetiline põhivõrk

2018	Nimi	Allikiri	Nimetus:			
Juhendaja	Tarmo Kall		Aleviku administratiivpiir ja tööpiirkond			
Koostaja	Helar Kuuler		Mõõtkava: 1:15 000	Lehti: 1	Lehti: 1	Kuupäev: 21.04.2018

Lisa. 9 1. järgu projektskeem

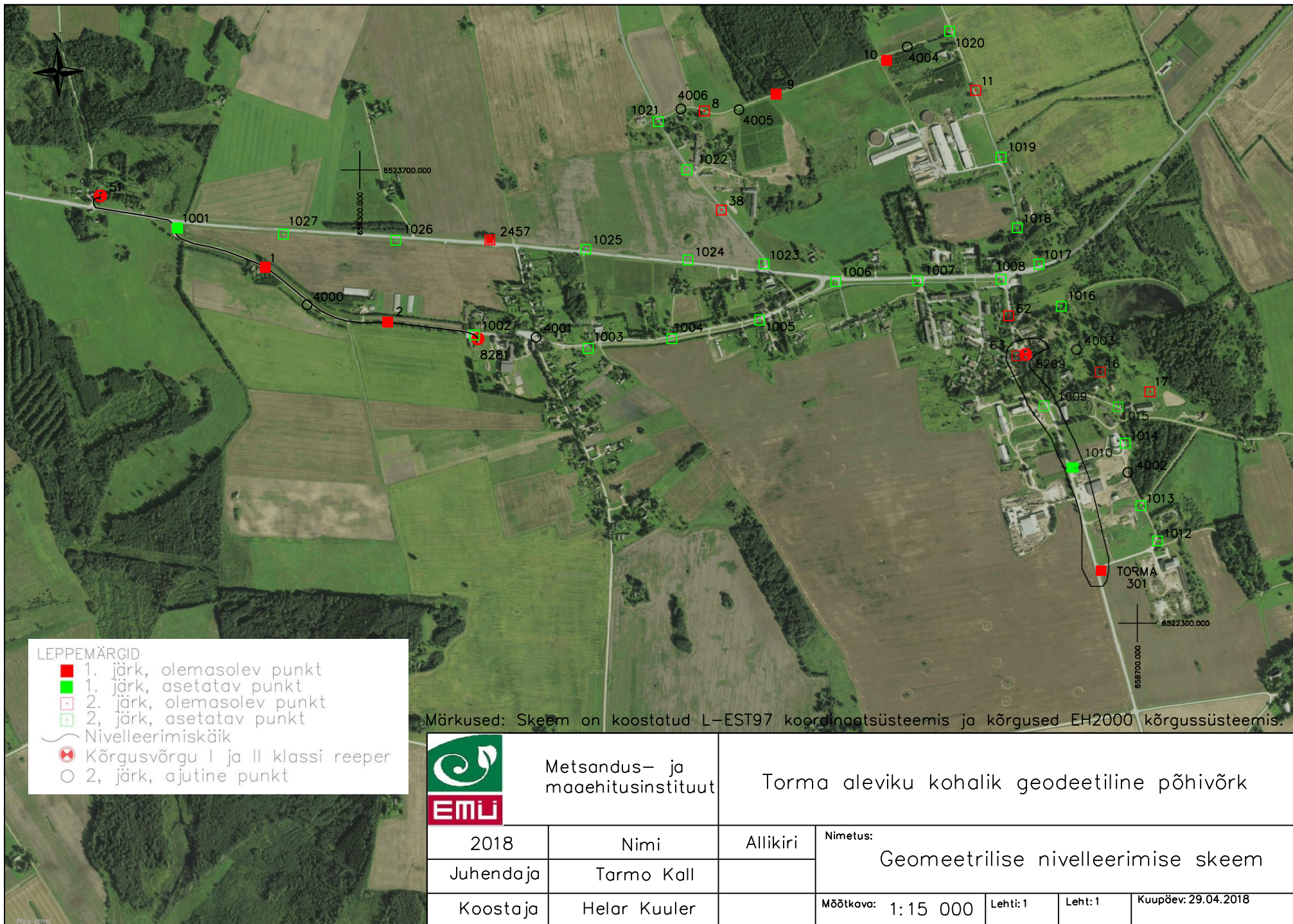


Lisa 10. Kohaliku põhivõrgu projektskeem

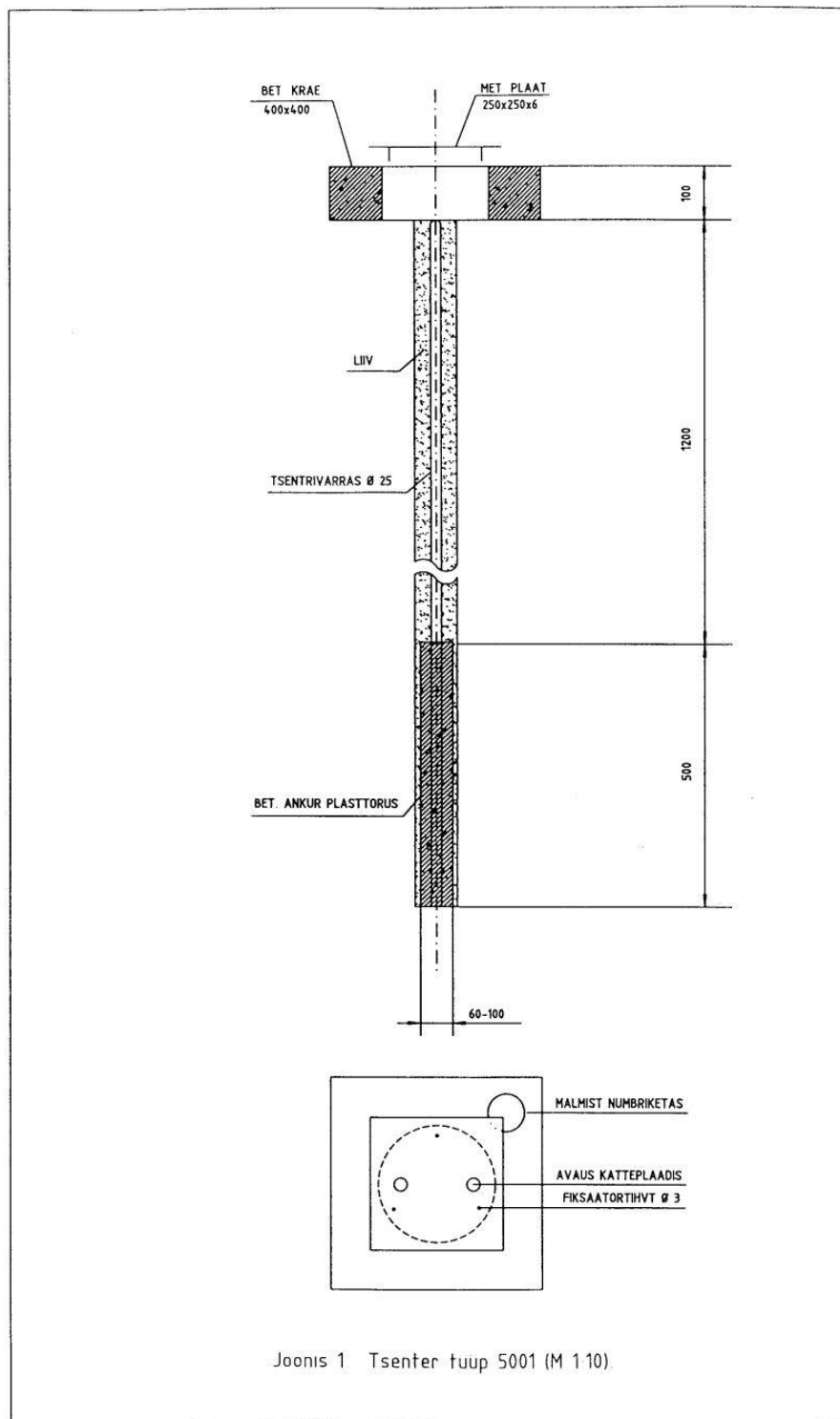
Lisa 11. Punktide loetelu

Jrk.nr	Punkti nr./nimi	Järk
1	1001	1
2	1	1
3	2	1
4	1010	1
5	301	1
6	9	1
7	10	1
8	2457	1
9	1002	2
10	1003	2
11	1004	2
12	1005	2
13	1006	2
14	1007	2
15	1008	2
16	62	2
17	63	2
18	1009	2
19	1012	2
20	1013	2
21	1014	2
22	1015	2
23	17	2
24	16	2
25	1016	2
26	1017	2
27	1018	2
28	1019	2
29	11	2
30	1020	2
31	8	2
32	1021	2
33	1022	2
34	38	2
35	1023	2
36	1024	2
37	1025	2
38	1026	2
39	1027	2

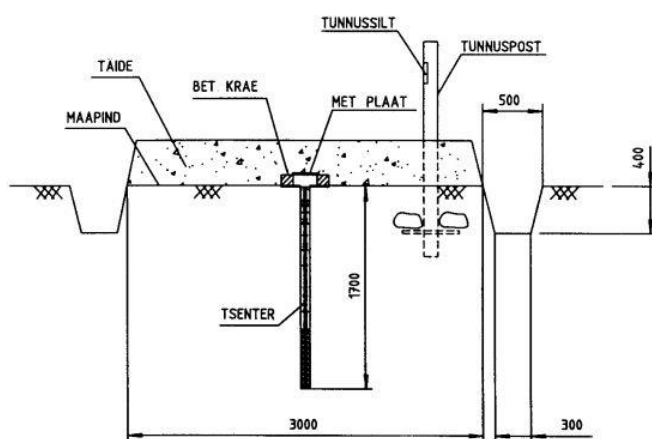
Lisa 12. Geomeetrilise niveleerimise skeem



Lisa 13. Märgitüüp 5001



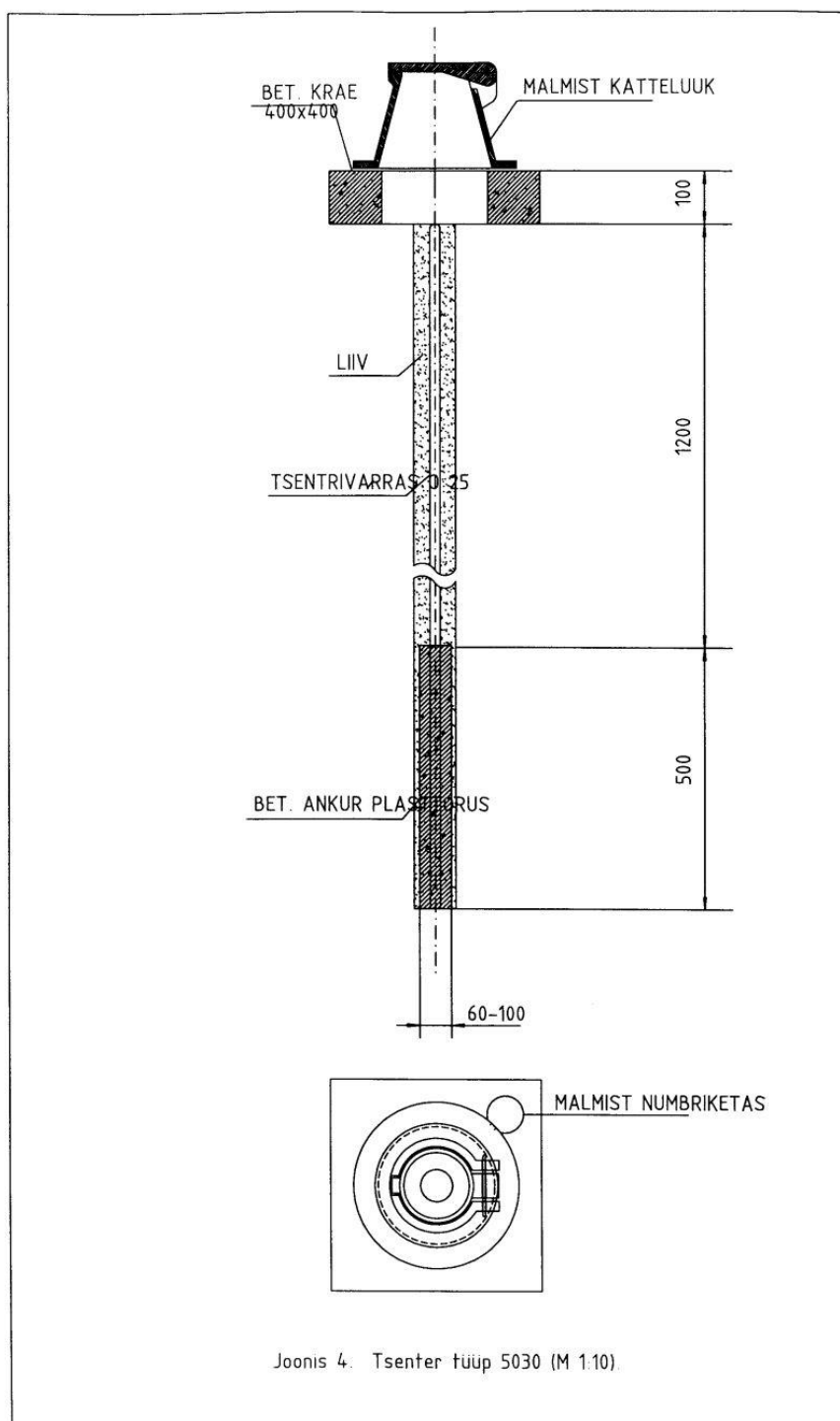
Allikas: „Kohaliku plaanilise geodeetilise põhivõrgu rekonstrueerimise ja rajamise juhend“



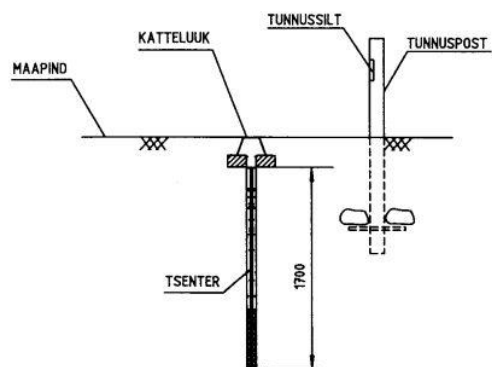
Joonis 3. Geodeetiline märk, tüüp 5001 (M 1:50)

Allikas: „Kohaliku plaanilise geodeetilise põhivõrgu rekonstrueerimise ja rajamise juhend“

Lisa 14. Märgitüüp 5030



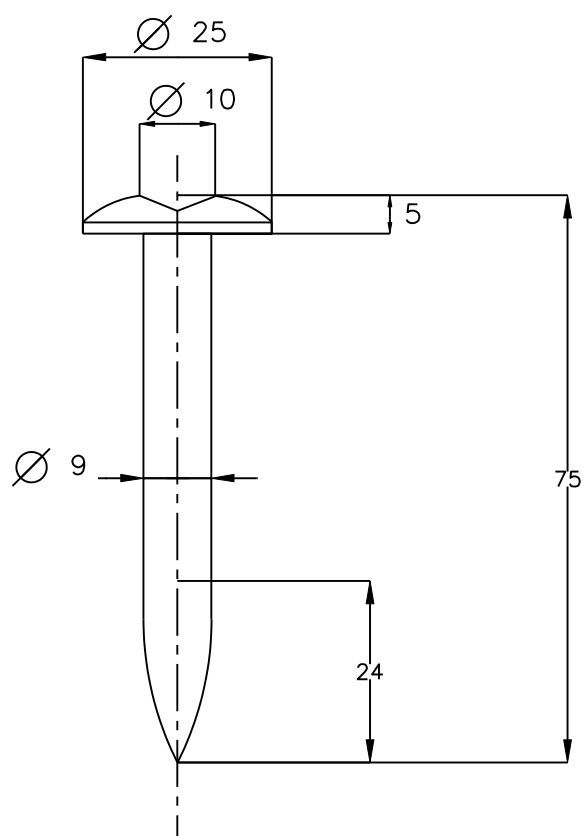
Allikas: „Kohaliku plaanilise geodeetilise põhivõrgu rekonstrueerimise ja rajamise juhend“



Joonis 5. Geodeetiline märk; tüüp 5030 (M 1:50).

Allikas: „Kohaliku plaanilise geodeetilise põhivõrgu rekonstrueerimise ja rajamise juhend“

Lisa 15. Ajutine märk

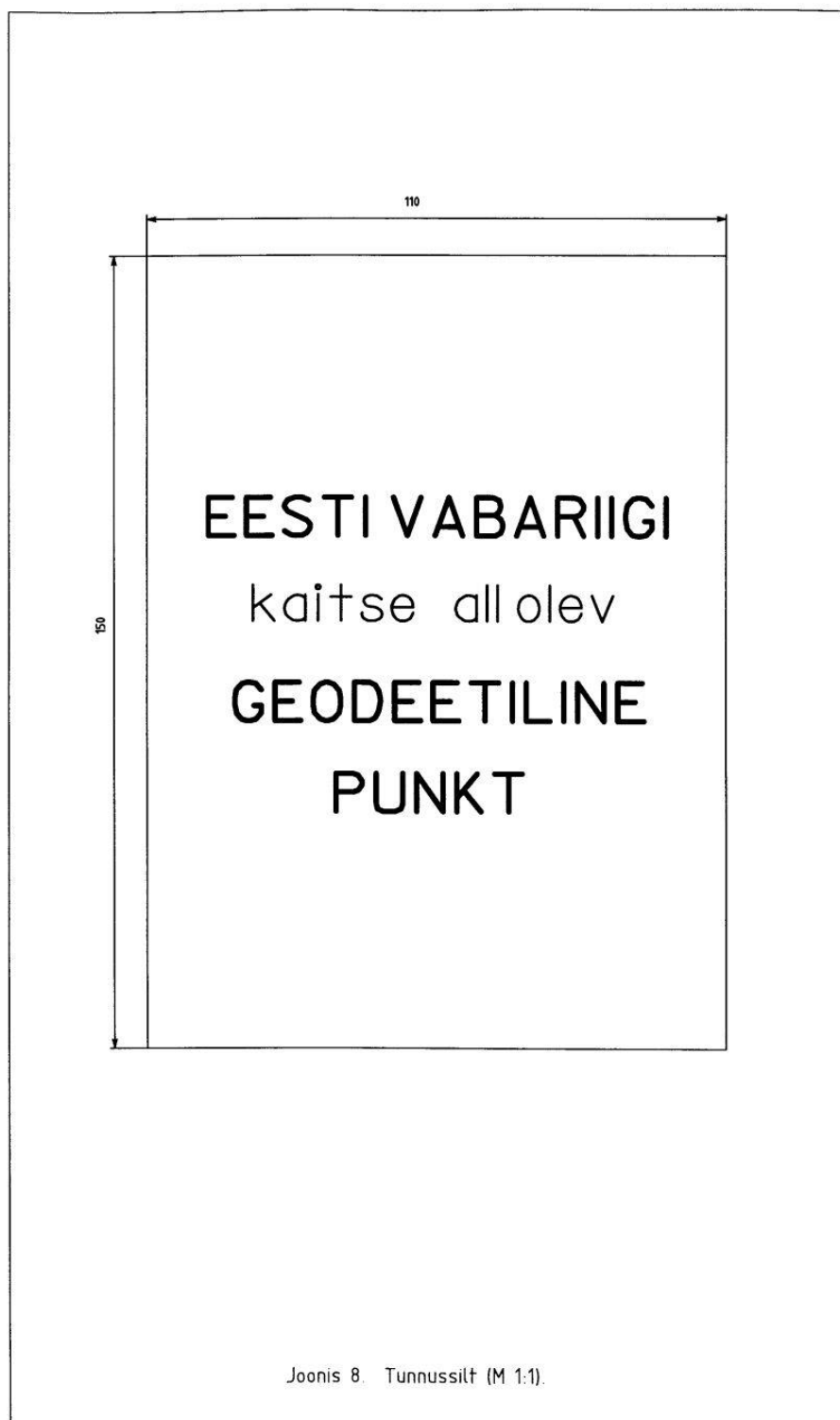


Metsandus- ja
maaehitusinstituut

Torma aleviku kohalik geodeetiline põhivõrk

2018	Nimi	Allikiri	Nimetus: Ajutine märk			
Juhendaja	Tarmo Kall					
Koostaja	Helar Kuuler		Mastkava: 1:1	Lehti: 1	Lehti: 1	Kuupäev: 02.05.2018

Lisa 16. Tunnussilt



Allikas: „Kohaliku plaanilise geodeetilise põhivõrgu rekonstrueerimise ja rajamise juhend“

**Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks
ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta**

Mina, Helar Kuuler,
(sünnipäev pp/kuu/aa 12/07/1995)

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud lõputöö „Torma alevi kohaliku geodeetilise põhivõrgu rekonstrueerimine“, mille juhendaja on Tarmo Kall,
 - 1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,
 - 1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja
 - 1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemisekskuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;
3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor

allkiri

Tartu, 23.05.2018

Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Luban lõputöö kaitsmisele.

(juhendaja nimi ja allkiri)

(kuupäev)

(juhendaja nimi ja allkiri)

(kuupäev)